



TIEHALLINTO

## Täristävien viivojen melu- ja värinä tutkimus

Tiehallinnon selvityksiä 21/2005

Ville Alatyppö, Ilmo Hyypä, Jarkko Valtonen

# **Täristävien viivojen melu- ja värinätkukimur**

**Tiehallinnon selvityksiä 21/2005**



Numerot:

Tiehallinnon selvityksiä 21/2005

ISBN 951-803-484-2

ISSN 1457-9871

TIEH 3200933

Verkkonumerot:

Tiehallinnon selvityksiä 21/2005

ISBN 951-803-485-0

ISSN 1459-1553

TIEH 3200933-v

Edita Prima Oy

Helsinki 2005

Julkaisuja myy/saatavana:

asiakaspalvelu.prima@edita.fi

Faksi 020 450 2470

Puhelin 020 450 011



Painotuote

Tiehallinto

Opastinsilta 12 A

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelinvaihte 0204 22 150

Asiasanat: Tiemerkinntät, melu, värinä  
Aiheluokka: 22, 33, 05

## TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa on selvitetty erilaisten tärisevien viivojen aiheuttamaa ajoneuvon sisätilan melulisyistä ja tärisevien viivojen päällä ajon vaikutusta tien lähiympäristöön. Teknillisen Korkeakoulun Tielaboratorio on tehnyt tutkimuksen Tiehallinnon tilauksesta. Tutkimus suoritettiin heinä-marraskuussa vuonna 2004. Tutkimuksen tavoitteena oli saada selville kuinka voimakkaita meluvaikutuksia erilaiset tärisevät viivat aiheuttavat ajoneuvon sisätilassa ja tien lähiympäristössä sekä myöhemmin tutkimuksen osatavoitteeksi tuli selvittää, miten massamerkinntöin tehtyjen tärisevien viivojen meluominaisuudet muuttuvat, kun viiva kuluu talvihoidon ja myös liikenteen vaikutuksesta.

Tutkimuksessa suoritettiin ajoneuvokohtaisia melumittauksia kolmelle erilaiselle tärisevän viivan pää-tyypille. Tutkimus alkoi jysittyjen viivojen melu- ja värinämittauksilla, joiden jälkeen melututkimusta laajennettiin koskemaan myös sekä painamalla että massamerkinntällä tehtyjä täriseviä viivoja. Tarkastellut kohteet sijaitsivat Uudenmaan ja Kaakkois-Suomen tiepiireissä. Lähes kaikki tiet olivat valta- tai kantateitä. Ajoneuvoina melu ja värinämittauksissa oli kaksi henkilöautoa ja moottoripyörää, yksi kuorma-auto. Kahdella polkupyörällä selvitetiin, miten tärisevät viivat vaikuttavat pyöräilyyn.

Tärisevien viivojen meluvaikutusta tutkittiin kolmella erilaisella mittausmenetelmällä, joista kahta käytettiin kaikissa kohteissa: ajoneuvon sisätilan melumittaukset, joilla mitattiin ajoneuvon sisätilan ekvivalenttimelua sekä ohiajavan ajoneuvon ympäristömelumittaukset, joilla mitattiin ohiajon maksimimelua, kun mittauspaikan etäisyys ohiajavaan ajoneuvoon oli 7,5 metriä. Samoja menetelmiä on käytetty HILJA-projektissa (Hiljaiset päällysteet – tuotevaatimukset ja mittarit). Lisäksi tutkittiin jysitystä ja painetusta viivasta aiheutuvan melun vaimenemista, kun etäisyys melulähteeseen kasvaa. Näiden mittausten lisäksi selvitetiin, miten laatu vaihteli erilaisilla tärisevillä viivoilla.

Jysittyjä täriseviä viivoja oli k/k-mitoiltaan kolme erilaista. Jysityt tärisevät viivat aiheuttivat suurimman melulisyksen niin ajoneuvossa kuin tien ympäristössä. Henkilöauton sisätilamelu kasvoi jysityllä tärisevällä viivalla keskimäärin 10 dB(A), kun ajonopeus oli 80 km/h. Ajoneuvon ohiajosta aiheutuva melu kasvoi viidestä jopa 17 dB(A)max. Ympäristömelun lisäys riippuu suuresti siitä, miten tiheä on jysittyjen merkintöjen k/k-väli. Jysittyjen viivojen laatu oli hyvin tasaista ja parhaimmaksi tyypiksi todettiin viiva, jonka k/k-väli oli 60 senttimetriä, mitä tehtiinkin noin 18 kilometrin pituinen osuus vt 1:lle.

Painamalla tehdyistä viivoista tasalaatuisin oli tehty asfaltinlevittimellä. Asfalttijyrällä painettujen viivojen laatu oli vaihtelevaa niin viivan sijainnin kuin painantajäljen suhteen. Painamalla tehtyt tärisevät viivat aiheuttivat keskimäärin viiden desibelin sisätilamelun kasvun ja noin kahdeksan desibelin ohiajomelun kasvun.

Massamerkinntällä tehdyn tärisevän viivan tutkiminen painottui Kamflex-viivaan, josta selvitetiin vuosina 2000–2004 tehtyjen viivojen kulumista ja meluominaisuuksia. Uutena Kamflex-viiva aiheuttaa sisätilameluun keskimäärin kahdeksan ja ohiajomeluun kolmen desibelin lisäyksen. Kamflex-viivan kulumisen pienentää meluvaikutusta ajoneuvon sisällä ja toisena vuonna

melulisäys on noin kolme desibeliä. Tuloksista voitiin päätellä, että viivan paksuus korreloi meluvaikutukseen etenkin ajoneuvon sisällä.

Tutkimuksen aikana pääteltiin, että täristävä viiva toimii hyvin, jos se aiheuttaa tarpeeksi suuren melu-vaikutuksen ajoneuvon sisällä, muttei lisää merkittävästi liikenteen aiheuttamaa ympäristömelua. Ongelmana tulosten tulkinnassa käytäntöön voidaan pitää kysymystä siitä, mikä on riittävä sisätilamelun lisäys ja millä tavalla se mitataan, jotta voidaan todeta luotettavasti, että täristävä viiva on tarpeeksi tehokas?



## SAMMANFATTNING

Vid undersökningen utreddes ökningen inne i fordon av buller från olika slags räfflade linjer och effekten på vägens närmiljö från körning på räfflade linjer. Tekniska högskolans Väglaboratorium utförde undersökningen på beställning av Vägförvaltningen. Undersökningen genomfördes i juli-november år 2004. Målet för undersökningen var att klargöra hur stora bullereffekter olika räfflade linjer har på innandömet i en bil och på vägens närmiljö och senare skulle som delmål för undersökningen även utredas hur bulleregenskaperna hos räfflade linjer gjorda med vägmarkeringsmassa förändras när räfflorna slits i samband med vinterunderhållet och genom effekterna från trafiken.

Vid undersökningen utfördes fordonsbetingade bullermätningar för tre olika slags huvudtyper av räfflade linjer. Undersökningen inleddes med mätningar av buller och vibrationer från frästa räfflor, varefter bullerundersökningen utvidgades till att innefatta även såväl genom pressning som med vägmarkeringsmassa gjorda räfflade linjer. Sträckorna som undersöktes ligger i Nylands och Sydöstra Finlands vägdistrikt. Nästan alla vägar var riks- eller stamvägar (genomgående länsvägar). Som fordon för buller- och vibrationsundersökningarna användes två personbilar och motorcyklar samt en lastbil. Effekterna på cykling av räfflade linjer undersöktes med hjälp av två cyklar.

Bullereffekterna av räfflade linjer undersöktes med tre olika mätmetoder, varav två tillämpades på alla objekt: mätningar av bullernivån i innandömet i en bil, varvid mättes ekvivalent buller i bilens innandöme samt gjordes mätningar av miljöbuller från förbi passerande fordon, varvid mättes maximalt buller från passeringen, när mätplatsens avstånd till det passerande fordonet var 7,5 meter. Samma metoder användes i HILJA-projektet (HILJA -- Hiljaisel päällysteet – tuotevaatimukset ja mittarit, "Tysta beläggningar – produktkrav och mätare"). Dessutom undersöktes dämpningen av buller från frästa och pressade räfflor, när avståndet till bullerkällan ökar. Utöver dessa mätningar utreddes även hur kvaliteten varierade med olika slags räfflade linjer.

Avstånden mellan mittpunkterna av frästa bullerräfflor var av olika slag. Frästa bullerräfflor orsakade den största bullerökningen i såväl fordonet som i omgivningen kring vägen. På frästa bullerräfflor ökade bullret inne i personbilar med i snitt 10 dB(A), då körhastigheten var 80 km/h. Bullret från passerande bilar ökade från fem till hela 17 dB(A)max. För frästa bullerräfflor är ökningen i miljöbuller till stor del beroende av avstånden mellan räffloras mittpunkter. Kvaliteten på frästa räfflor var mycket jämn och bästa typ av räfflor konstaterades vara ett med avståndet 60 centimeter mellan mittpunkterna, av dessa byggdes en ca 18 kilometer lång sträcka på riksväg 1.

Jämnast bland räfflorna som hade gjorts genom pressning var de som hade gjorts med en asfaltutläggare. Räfflor som hade pressats med en asfaltvält var av mycket olika kvalitet beträffande såväl räfflans placering som pressresultatet. Pressade räfflor gav i snitt en ökning på fem decibel i bullret inne i fordonet och ökade bullret från passerande körning med ca åtta decibel.

Undersökningen av räfflade linjer gjorda med vägmarkeringsmassa koncentrerades till Kamflex, varvid utreddes slitage och bulleregenskaper hos linjer

som hade gjorts åren 2000–2004. Som ny ökar Kamflex-linjen bullret inne i fordonet med i snitt åtta decibel och med tre i bullret från passerande körning. Slitaget av Kamflex minskar bullereffekten inne i fordonet och det andra året är bullerökningen ca tre decibel. Av resultaten kunde man sluta sig till att linjens tjocklek korrelerar med framför allt bullereffekten inne i fordonet.

Vid undersökningen drogs slutsatsen att räfflade linjer fungerar väl om de ger en tillräckligt stor bullereffekt inne i fordonen, men att de inte märkbart ökar miljöbullret från trafiken. Ett problem vid tolkningen av resultaten kan anses vara frågan om vad som är tillräcklig ökning i buller inne i fordon, hur detta ska mätas för att man på ett pålitligt sätt ska kunna fastställa att den räfflade linjen är tillräckligt effektivt?



## ABSTRACT

The study has clarified the increase of noise inside a vehicle caused by various rumble strips and the effect of driving on top of rumble strips on the near environment of roads. The Laboratory of Highway Engineering at the Helsinki University of Technology has made the study commissioned by the Road Administration. The study was carried out in July-November 2004. The objective of the study was to establish how powerful noise effects various rumble strips cause inside a vehicle and in the near environment of roads and later the sub-objective of the study became to clarify how the noise properties of rumble strips made by quantity markings change as the strip wears out as a result of winter maintenance and also traffic.

The study conducted vehicle-based noise measurements for three different main types of rumble strip. The study began with noise and vibration measurements of milled rumble strips after which the noise study was extended to also cover rumble strips made by pressing and road marking mix. The reviewed targets are located in the road districts of Uusimaa and South-Eastern Finland. Almost all roads were highways or main roads. Two passenger cars and motorbikes and a lorry acted as the vehicles in the noise and vibration measurements. Two bicycles were used to clarify how rumble strips influence cycling.

Three different methods of measurement were used to study the noise effect of rumble strips. Of these two were used at all targets: inside vehicle noise measurements used to measure inside vehicle equivalent noise and passing vehicle environmental noise measurements used to measure the maximum noise of passing when the distance of the measuring location to the passing vehicle was 7.5 metres. The same methods have been used in the HILJA project (Silent surfacing – product requirements and meters). In addition, the damping of noise caused by a milled and pressed strip were studied when the distance to the source of noise grows. In addition to these measurements, it was clarified how quality varied for different rumble strips.

As to centre-to-centre measurements there were three different milled rumble strips. Milled rumble strips caused the largest noise increase in vehicles as well as in the road environment. A passenger car's inside noise grew on an average by 10 dB(A) for a milled rumble strip when driving speed was 80 km/h. The noise generated by the passing of a vehicle grew from five up to even 17 dB(A)max. The increase of environmental noise is largely dependent on the density of the centre-to-centre interval of the milled markings. The quality of milled strips was very even and the best type was observed to be a strip with a centre-to-centre interval of 60 centimetres of which an 18-kilometre section was indeed made for highway 1.

Of strips made by pressing the one with the most even quality was that made with an asphalt finisher. The quality of strips pressed with an asphalt roller was varying with regard to the location of the strip as well as the pressing result. Rumble strips made by pressing generated an average growth of five decibels of inside noise and a growth of about eight decibels in the noise of passing. Study of a rumble strip made by road marking mix focused on the Kamflex strip used to clarify the wearing and noise properties of strips made in the years

2000–2004. When new, the Kamflex strip generates an average increase of eight decibels for inside noise and an average increase of three decibels for the noise of passing. The wearing out of the Kamflex strip reduces the noise effect inside a vehicle and in the second year the noise increase is approximately three decibels. From the results it could be deduced that the thickness of the strip correlates with the noise effect especially inside a vehicle.

During the study it was concluded that the rumble strip functions well if it generates a sufficiently large noise effect inside a vehicle, but does not markedly increase environmental noise caused by traffic. The problem in interpreting the results into practice can be considered the question as to what is sufficient increase of inside noise and in what way shall it be measured in order to be able to establish reliably that the rumble strip is sufficiently effective?

## ESIPUHE

Tutkimusten mukaan huomattava osa onnettomuuksista aiheutuu siitä, että kuljettaja tahattomasti ajautuu pois kaistalta. Useimmiten syynä on väsymys tai huomion kiinnittyminen muuhun kuin ajamiseen. On arvioitu, että vähintään 30% kuolonkolareista aiheutuu kuljettajan nukahtamisesta. Varoittamalla kuljettajaa kaistalta ulos ajautumisesta on siten mahdollista parantaa turvallisuutta merkittävästi.

Tiehallinto on jo useita vuosia kokeillut erilaisia profiloituja, tiemerkitämassasta tehtyjä reunaviivoja, jotka aikaansaavat tärinää ja melua autoon. Vuonna 2002 käynnistettiin kokeilut, joissa testataan erilaisten jyrkimällä tai päällysteeseen painamalla tehtyjen täryurien soveltuvuutta ja vaikutuksia. Tutkimusprojekti koostuu useista osatutkimuksista.

Tässä työssä on tutkittu tärähtävien viivojen meluvaikutusta ajoneuvon sisällä ja tien lähiympäristössä. Työssä tutkittiin kolmea tärähtävien viivojen päätyyppiä; jyrähtäviä, painamalla tehtyjä ja massamerkinnällä tehtyjä tärähtäviä viivoja. Tutkimus suoritettiin heinä-marraskuussa 2004.

Tutkimuksen tilasi Tiehallinnon tekniset palvelut Teknillisen Korkeakoulun Tielaboratoriolta. Tilaajan yhdyshenkilönä toimi Pauli Velhonoja. TKK:ssa vastuuhenkilönä oli TkT Jarkko Valtonen sekä tutkimuksen mittaukset ja raportoinnin tekivät DI Ville Alatyppö ja DI Ilmo Hyypä. Laboratorion henkilökunta osallistui osaan maastomittauksista.

Helsingissä, joulukuussa 2004

Tiehallinto  
Liikennetekniikka



## Sisältö

1	TUTKIMUKSEN TAVOITE	13
2	MITATUT TÄRISTÄVÄT VIIVAT JA MITTAUSKOHTEET	14
2.1	Jyrsityt täristävät viivat	14
2.2	Painamalla tehdyt täristävät viivat	16
2.3	Kamflex – täristävä viiva	24
2.4	Drop-On-Line täristävä viiva valtatie 7:llä	30
2.5	Muut tutkitut täristävät viivat	32
3	MITTAUSMENETELMÄT	34
3.1	Tutkimuksessa käytetyt ajoneuvot	34
3.2	Ajoneuvon sisätilamelu	37
3.3	Ajoneuvon ohiajomelu (CB-menetelmä)	38
3.4	Tärinä	38
3.5	Tuntemukset	39
3.6	Liikennelaskenta	39
4	TULOKSET	40
4.1	Sisätilamelu	40
4.1.1	Jyrsityt täristävät viivat	40
4.1.2	Painamalla tehdyt täristävät viivat	41
4.1.3	Kamflex – massamerkintä	42
4.1.4	Drop-On-Line -viiva valtatie 7:llä	46
4.1.5	Muut tutkitut täristävät viivat	46
4.1.6	Täristävien viivojen aiheuttaman sisätilamelun vertailu ja yhteenveto	47
4.3	Ohiajomelu	49
4.3.1	Jyrsityt täristävät viivat	49
4.3.2	Painamalla tehdyt täristävät viivat	50
4.3.3	Kamflex – täristävä viiva	51
4.3.4	Drop-On-Line -viiva valtatie 7:llä	54
4.3.5	Muut tutkitut täristävät viivat	54
4.3.6	Täristävien viivojen aiheuttaman ohiajommelun vertailu ja yhteenveto	55
4.4	Etäisyyden vaikutus meluun	57
4.4.1	Jyrsityt täristävät viivat	57
4.4.2	Painamalla tehdyt täristävät viivat	58
4.5	Melumittaukset nastallisilla talvirenkailla	60
4.6	Tärinämittaukset	62
4.7	Tuntemukset	64
4.8	Liikennelaskenta	66

---

5	PÄÄTELMÄT	67
6	Jatkotutkimusehdotukset	70
	Liitteet	71

## 1 TUTKIMUKSEN TAVOITE

Syksyllä 2003 Tiehallinto tilasi Teknillisen korkeakoulun tielaboratoriolta esitutkimuksen, jonka yhteydessä ajettiin ja jarrutettiin moottoripyörällä erityyppisillä täristävillä viivoilla. Tavoitteena oli kirjata moottoripyöräilijän tuntemukset eri viivoilla ja eri tilanteissa. Ajateltiin, että jos joku värinäviivatyyppi vaikuttaa vaaralliselta, ovat jatkotutkimukset myöhemmin tarpeen ja viivatyyppin laajempaa käyttöä on arvioitava huolellisesti.

Esitutkimuksen jälkeen jatkettiin heinäkuussa 2004, jolloin vt 1:n keskiviivalle jysyttiin kahdenlaista täristävää viivaa (k/k-mitta 60 cm ja 120 cm) ja kt 51:n reunaviivoille viivaa, jonka k/k-mitta on 30 cm. Tiehallinto tarvitsi uusista viivoista havaintoja moottoripyörällä edellisvuotisen työn tapaan sekä mittauksia viivojen vaikutuksesta auton sisätilan melutasoon sekä liikenteen ohiajomeluun. Myös autossa tunnettava värinä nähtiin tärkeäksi mitata. Erilaisten viivojen vertailu oli tarpeen, koska elokuussa 2004 tehtävän uudelleenpäälystyksen jälkeen oli vt 1:lle tarkoitus tehdä 18 km täristävää viivaa ja valita viivatyyppi kolmesta tämän tutkimuksen vaihtoehdosta.

Jysyttäjien täristävien viivojen melu- ja värinämittausten raportin valmistuttua Tiehallinto tilasi elokuussa 2004 melumittauksia muillekin täristäville viivoille. Tutkittavia täristäviä viivoja olivat mm. Kamflex-viiva (massamerkinnällä tehty kampamainen viiva) sekä uuden asfalttipäälysteen tekovaiheessa asfaltinpintaan painetut erilaiset täristävät viivat.

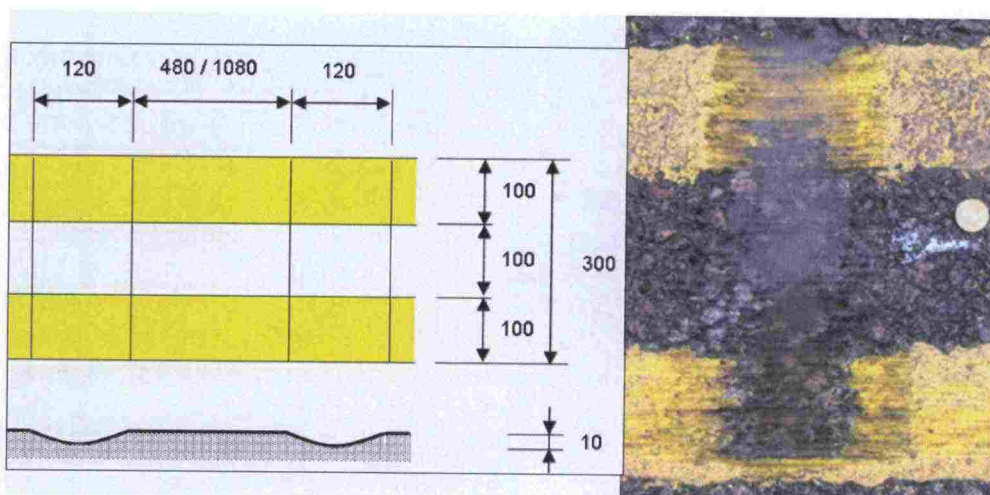
Tutkimuksesta on vastannut TkT Jarkko Valtonen. Tutkimusraportin laadinnasta ja mittauksien käsittelystä on vastannut DI Ville Alatyppö. Melumittauksista on vastannut DI Ilmo Hyyppä. Muita tutkimukseen osallistuneita ovat DI Kari Laakso (värinämittaukset), DI Marja-Terttu Juurinen (liikennelaskenta), DI Pekka Jauhiainen (polkupyörä), B.Sc. Ute Große, tekn. yo Katja Suhonen sekä tekn. yo Tuomas Vasama.

## 2 MITATUT TÄRISTÄVÄT VIIVAT JA MITTAUSKOHTEET

### 2.1 Jyrsityt täristävät viivat

Ensimmäinen jyrsittyjen täristävien viivojen mittauskohde oli vt 1:llä tien 280 liittymän molemmin puolin pääosin Nummi-Pusulan kunnan alueella. Turun suuntaan oli jyrsintäjälkiä keskiviivalla 120 cm välein ja Helsingin suuntaan 60 cm välein (kuva 1). Nopeusrajoitus vaihtuu kyseisen liittymän kohdalla niin, että Turun suuntaan nopeusrajoitus on 100 km/h, mutta Helsingin suuntaan 80 km/h.

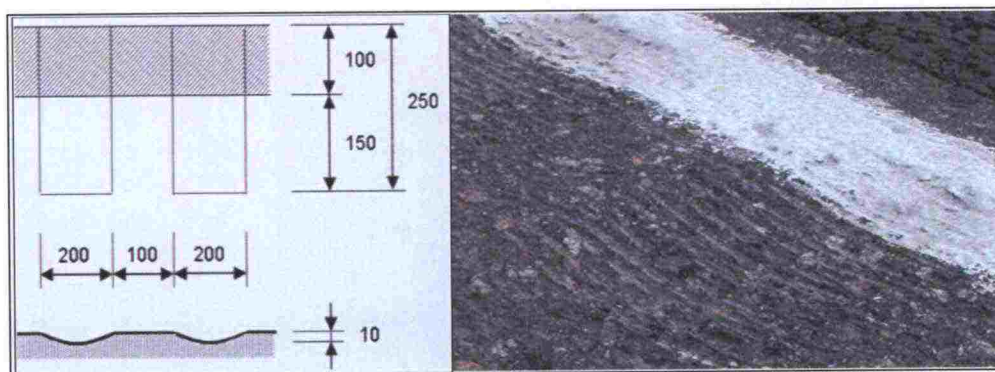
Toinen mittauskohde sijaitsi kt 51:llä Kirkkonummella Pickalan Esso-huoltamolta n. 1 km Helsingin suuntaan. Sinne oli molempien suuntien reunaviivoille jyrsitty jälkiä 30 cm välein (kuva 2). Nopeusrajoitus on 80 km/h.



Kuva 1: Kuva ja mittapiirros jyrsintäjäljestä vt 1:llä. Kuvassa olevat mitat ovat millimetrejä.

Varsinaiset jyrsintäjäljet vt 1:llä ovat ulkonäöltään samanlaisia; täristävät viivat eroavat toisistaan vain jyrsintäjäljen esiintymistiheyden suhteen. Jyrsintäjälki kt 51:llä oli erilainen (kuva 5); se oli ajosuunnassa 8 cm pidempi ja leveyssuunnassa keskimäärin 5 cm pienempi. Jyrsintäjäljen syvyys on kaikissa kohteissa sama – noin 1 cm. Kantatie 51:llä olevan jyrsintäjäljen dimensiot on mitattu tarkemmin.





Kuva 2: Piirros jysintäjäljestä kt 51:llä. Kuvassa olevat mitat ovat millimetrejä.

Kantatie 51:llä olevien täristävien viivojen dimensiot mitattiin tarkemmin 1.9.2004. Mittauksessa käytettiin rullamittaa, joten mittauksetarkkuus on 1 millimetri. Suurin virhe mittauksessa syntyy siitä, mikä osa jysintäjäljestä otetaan mukaan tulokseen. Tulokseen on otettu mukaan se osa jysintäjäljestä mikä näkyy selvästi. Yksittäistä jysimen piikin jälkeä ei ole otettu huomioon. Täristävät viivat mitattiin noin 500 metrin välein. Jokaisesta mittauspaikasta mitattiin kolme rinnakkaista mittausta eri jysintäjäljestä tien molemmilta reunoilta.

Kustakin jysintäjäljestä mitattiin peräkkäisten jysintäjälkien väli (ajosuunnassa jysintäjäljen etureunasta seuraavan jäljen etureunaan), jysintäjäljen pituus kaistan normaalin suuntaisena ja leveys ajosuunnassa. Edellä mainitut dimensiot on esitetty senttimetreinä. Lisäksi jysintäjäljestä mitattiin sen keskimääräinen syvyys millimetreinä. Jysintäjälkien keskimääräinen väli ja jysintäjäljen pituus sekä keskihajonta ja minimi- ja maksimiarvot on esitetty alla olevassa taulukossa 1.

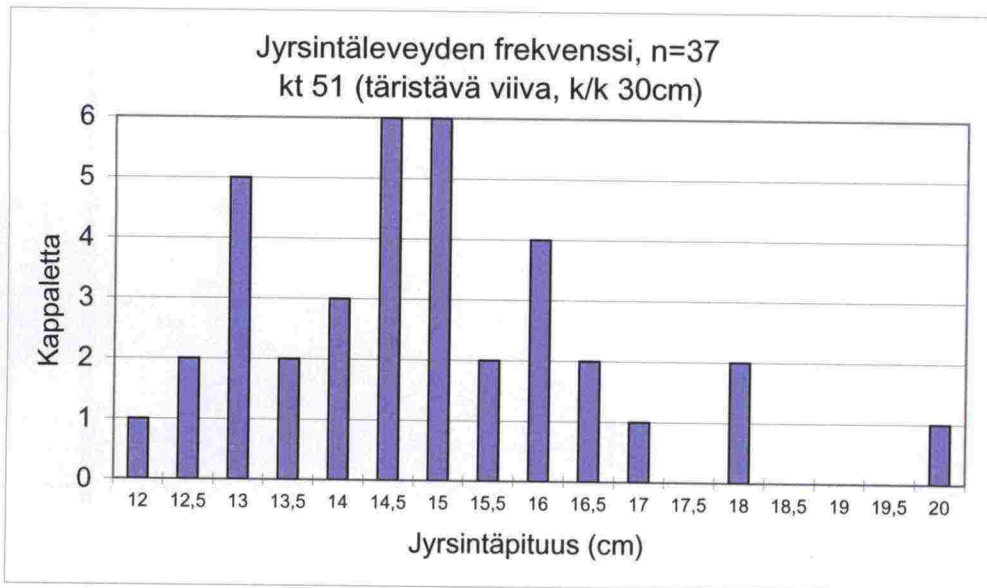
Taulukko 1: Jysintäjäljen k/k-väli ja pituus kt 51:llä. Yhteensä mitattuja jysintäjälkiä oli 37.

	k/k-väli (cm)	Pituus (cm)
Keskiarvo	30,6	26,1
Keskihajonta	0,5	0,4
Minimi	30,0	25,0
Maksimi	32,0	27,0

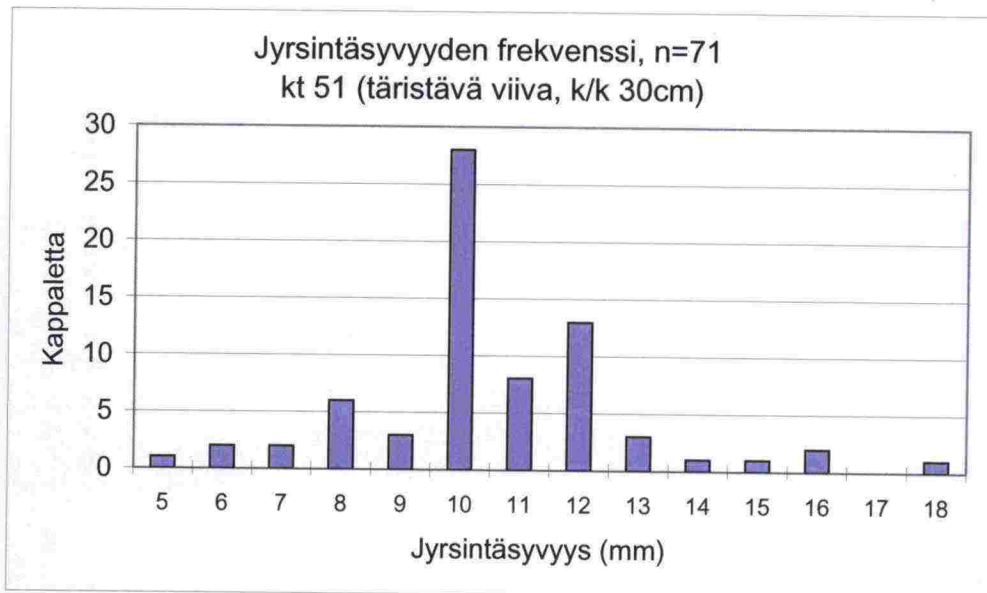
Jysintäjäljen leveys ja syvyys vaihtelivat paljon. Osuuden keskivaiheilla oli havaittavissa jysintäjäljen olevan keskimäärin hieman matalampaa kuin osuuden päissä. Lisäksi kaarteissa jysintäjälki oli hieman "kallellaan", eli toinen pää oli hieman syvempi. Taulukossa 2 on esitetty jysintäjäljen leveys senttimetreinä ja syvyys millimetreinä (mittauksetarkkuus 1 mm) Lisäksi leveyden ja syvyyden mittauksista tehtiin frekvenssikuvaajat, joista selviää kuinka paljon tulokset vaihtelivat.

Taulukko 2: Jysintäjäljen leveys ja syvyys kt 51:llä.

	Leveys (cm)	Syvyys (mm)
Keskiarvo	14,8	10,5
Keskihajonta	1,8	2,2
Minimi	10,0	5,0
Maksimi	20,0	18,0



Kuva 3: Jyrsintäleveyden frekvenssi täristävistä viivoista kt 51:llä. Leveyden keskiarvo on 14,8 cm ja keskihajonta 1,8 cm.



Kuva 4: Jyrsintäsyvyyden frekvenssi täristävistä viivoista kt 51:llä. Jyrsintäsyvyyden keskiarvo on 10,5 mm ja keskihajonta 2,2 mm

## 2.2 Painamalla tehdyt täristävät viivat

### Asfalttijyrällä painetut viivat

Päällystystyön jyräyksen yhteydessä painamalla tehtyjä täristäviä viivoja mitattiin kantatiellä 55 sekä Porvoon että Mäntsälän päässä ja maantiellä 140 Tuusulassa.

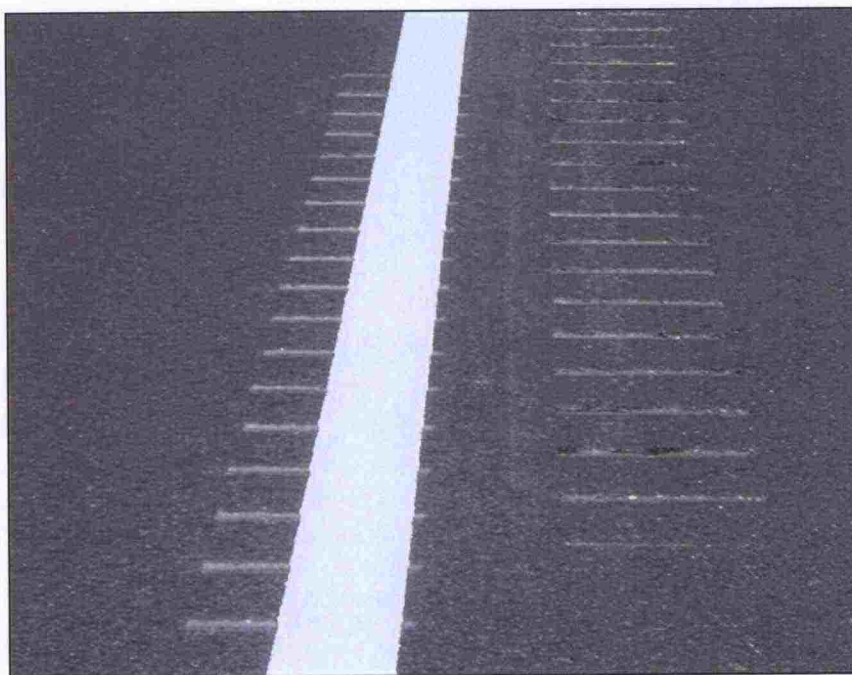
Mittauksessa käytettiin rullamittaa (mittaustarkkuus 1 millimetri) ja viivan syvyyden mittaamiseen käytettiin työntömittaa (mittaustarkkuus 0.01 millimetriä).

Käytännössä mittaustarkkuus on kaikkien muiden paitsi syvyyden mittauksessa noin 0.5 senttimetriä. Syvyyden mittauksessa tarkkuus on yksi millimetri. Täristävistä viivoista mitattiin kuten edellä peräkkäisten viivojen väli (ajosuunnassa jäljen etureunasta seuraavan jäljen etureunaan), jäljen pituus kaistan normaalin suuntaisena ja leveys ajosuunnassa. Edellä mainitut dimensiot on esitetty senttimetreinä. Lisäksi jäljestä mitattiin sen keskimääräinen syvyys millimetreinä.

Kantatien 55 täristävä viiva ei ollut kovinkaan tarkasti reunaviivan kohdalla, vaan viiva oli paikoin jopa 20 cm reunaviivasta joko ajokaistan tai pientareen puolella. Sama toistui molemmissa kt 55:n kohteissa (kuvat 5 ja 6).

#### **Kohde: Kantatie 55, Porvoon pää**

Osuus mitattiin noin 500 metrin välein, vähintään kolme peräkkäistä mittausta kummastakin tien reunasta.



*Kuva 5: Täristävä viiva Porvoon päässä kt 55:llä. Kuvassa piennar on viivan oikealla puolella. Täristävä viiva oli paikoin noin 20 senttimetriä joko reunaviivan pientareen tai kaistan puolella. Paikoitellen oli kaksi täristävää viivaa rinnakkain.*





Kuva 6: Tärstävä viiva Porvoon päässä kantatie 55:llä. Kuvan etualalla viiva sijaitsee noin 20 senttiä reunaviivasta ajokaistan puolella ja kauempana tärstävän viivan paikka muuttuu lähemmäs reunaviivaa

Tärstävän viivan väli ja pituus on esitetty alla olevassa taulukossa 3, jossa on esitetty mittaustulosten keskiarvo, -hajonta sekä pienin ja suurin arvo. Nämä dimensiot olivat hyvin samanlaisia jokaisessa mittauspisteessä.

Taulukko 3: Tärstävän viivan väli ja pituus Porvoon päässä kt 55:llä. Yhteensä mitattuja jyräintäjätkiä oli 36.

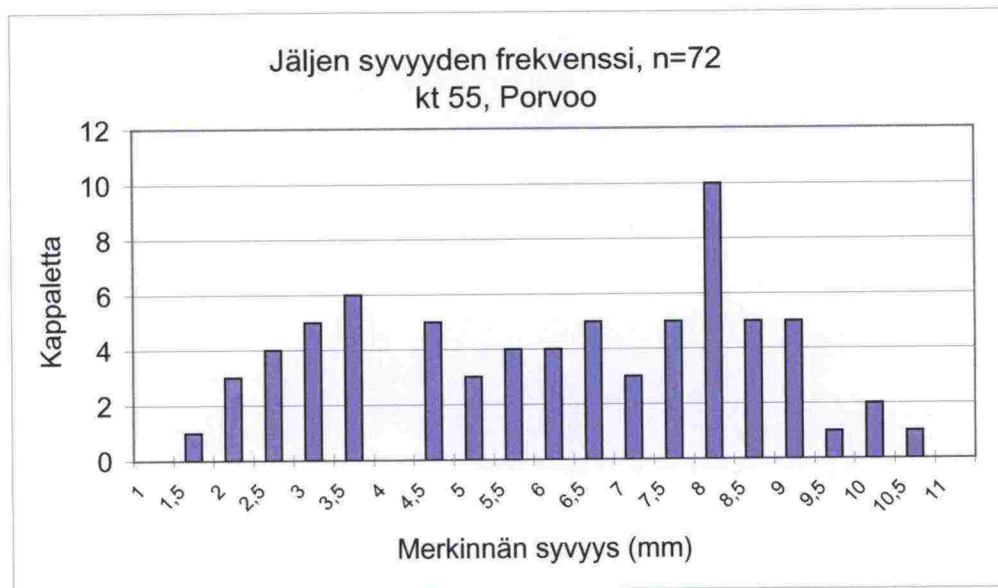
	Väli (cm)	Pituus (cm)
Keskiarvo	15,0	2,2
Keskihajonta	0,2	0,8
Minimi	14,5	0,8
Maksimi	16,0	3,5

Tärstävän viivan leveys ja syvyys vaihtelivat paljon. Osuuden keskivaiheilla oli havaittavissa jäljen olevan keskimäärin hieman matalampaa kuin osuuden päissä. Lisäksi kaarteissa jälki oli hieman "kallellaan", eli toinen pää oli hieman syvempi. Taulukossa 4 on esitetty viivan leveys senttimetreinä ja syvyys millimetreinä. Lisäksi syvyyden mittaustuloksista tehtiin frekvenssikuvaaja (kuva 7), josta selviää kuinka paljon tulokset vaihtelivat. Viivan pituus ei vaihdellut suuresti; yli 90 % mittauksissa viivan syvyys oli 20 cm. Taulukossa leveyden keskihajonta on suuri, koska yksi mitattu viivan leveys oli 18 cm ja sillä on suuri vaikutus keskihajontaan. Ilman mitattua 18 cm:n tulosta keskihajonta olisi 0,1 millimetriä.



Taulukko 4: Täristävän viivan leveys ja syvyys kt 55:llä Porvoon päässä.

	k/k-väli (cm)	Pituus (cm)
Keskiarvo	8,5	1,4
Keskihajonta	0,5	0,3
Minimi	8,0	1,0
Maksimi	9,0	2,0



Kuva 7: Syvyyden frekvenssi täristävistä viivoista kt 55:llä Porvoon päässä. Taulukosta 4 pienin syvyyden arvo (1,1 mm) on kuvassa joukossa 1,5 mm.

**Kohde: Kantatie 55, Mäntsälän pää**

Osuus mitattiin noin 500 metrin välein vähintään kolme peräkkäistä mittausta kummastakin tien reunasta.



Kuva 8: Tärisevä viiva kt 55:llä Mäntsälän päässä. Kuvasta voidaan erottaa viivan väli (noin 9 cm) ja ajosuunnan poikittainen leveys (noin 1,5 cm). Tärisevän viivan laatu oli erittäin vaihtelevaa ja kuvassa olevan viivan laatu on keskimääräistä huonompi.

Tärisevän viivan väli ja pituus on esitetty alla olevassa taulukossa 5, jossa on esitetty mittaustulosten keskiarvo, -hajonta sekä pienin ja suurin arvo. Nämä dimensiot olivat hyvin samanlaisia jokaisessa mittauspisteessä.

Taulukko 5: Tärisevän viivan väli ja pituus kt 55:llä Mäntsälän päässä.

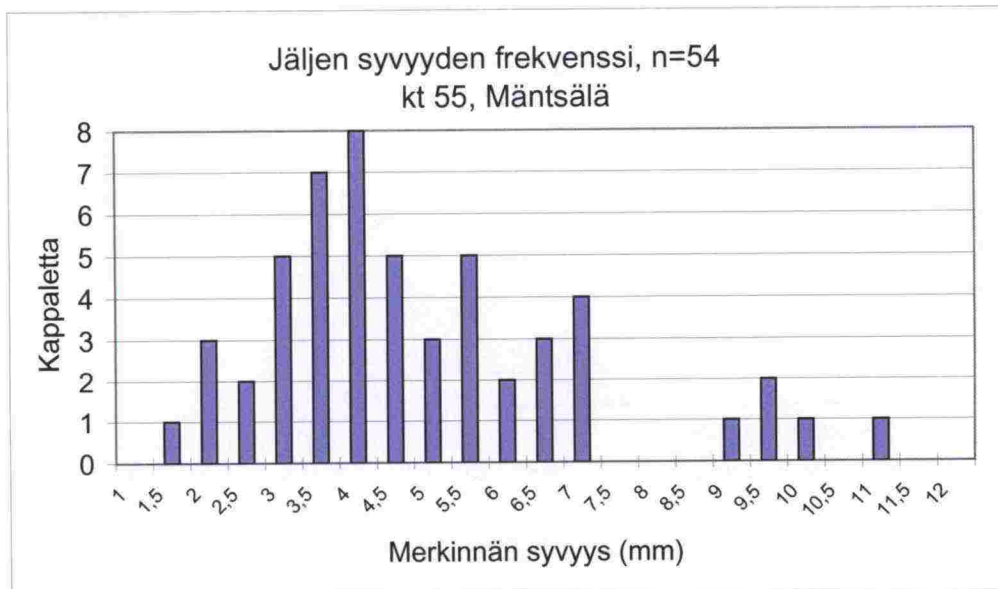
	k/k-väli (cm)	Pituus (cm)
Keskiarvo	8,5	1,4
Keskihajonta	0,5	0,3
Minimi	8,0	1,0
Maksimi	9,0	2,0

Tärisevän viivan syvyys vaihteli paljon. Alla olevassa taulukossa 6 on esitetty viivan leveys senttimetreinä ja syvyys millimetreinä. Lisäksi leveyden mittaustuloksista tehtiin frekvenssikuvaaja (kuva 9), josta selviää kuinka paljon tulokset vaihtelivat.

Taulukko 6: Tärisevän viivan leveys ja syvyys kt 55:llä Mäntsälän päässä.

	Leveys (cm)	Syvyys (mm)
Keskiarvo	19,9	4,9
Keskihajonta	1,0	2,7
Minimi	18,0	1,2
Maksimi	23,0	17,0

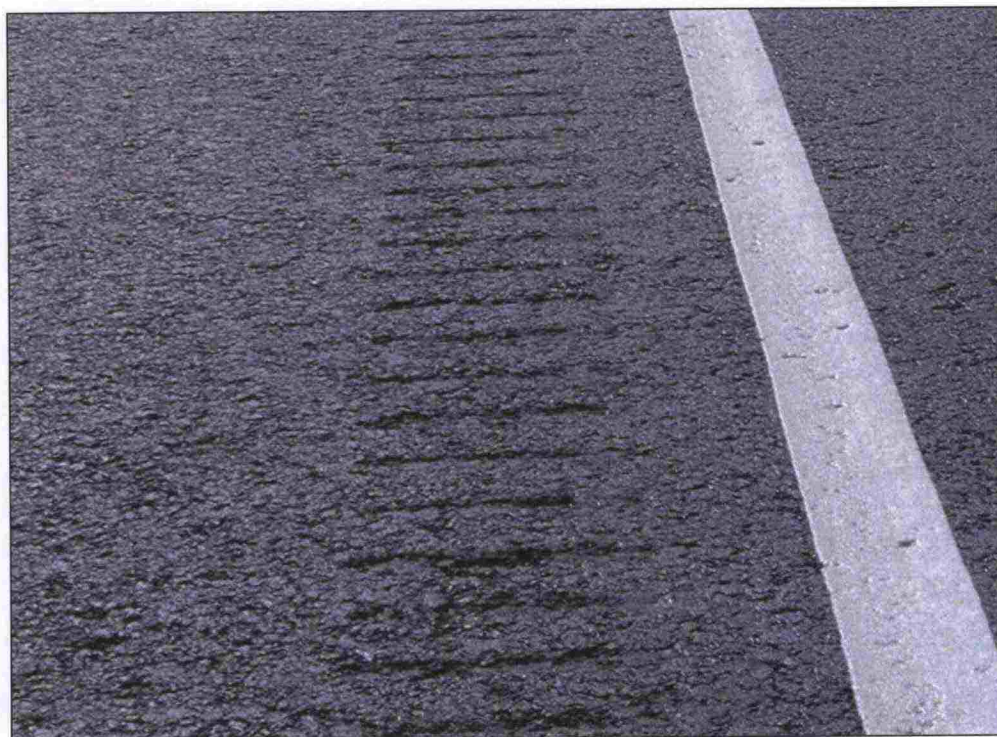




Kuva 9: Syvyyden frekvenssi täristävistä viivoista kt 55:llä Mäntsälän päässä. Frekvenssikuvaajasta on jätetty pois suurin mitattu arvo, joka on 17 millimetriä.

#### Kohde: Maantie 140, Tuusula

Osuus mitattiin noin 500 metrin välein vähintään kolme rinnakkaista mittausta kummastakin tien reunasta.



Kuva 10: Täristävä viiva mt 140:llä Tuusulassa. Kuvassa täristävä viiva on pientareen puolella. Painantajälki oli paikoitellen erittäin matala; kuvassa painantajälki on kuitenkin keskimääräistä syvempää.

Täristävien viivojen väli ja viivan pituus on esitetty alla olevassa taulukossa 7, jossa on esitetty mittaustulosten keskiarvo, -hajonta sekä pienin ja suurin arvo. Nämä dimensiot olivat hyvin samanlaisia jokaisessa mittauspisteessä, mikä on havaittavissa myös keskihajonnasta.

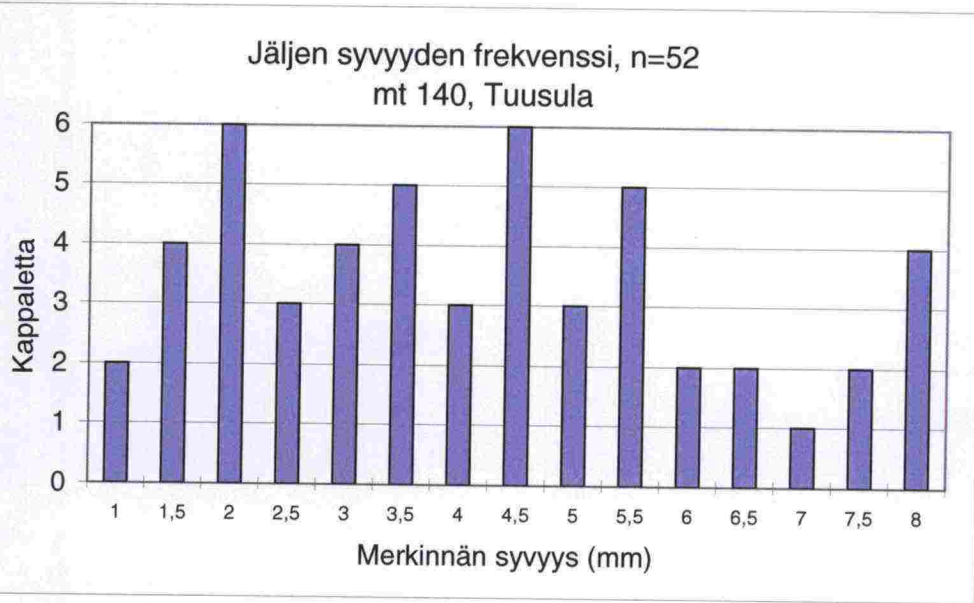
Taulukko 7: Täristävän viivan väli ja pituus mt 140:llä Tuusulassa.

	k/k-väli (cm)	Pituus (cm)
Keskiarvo	8,8	1,7
Keskihajonta	0,5	0,3
Minimi	8,0	1,0
Maksimi	10,0	2,0

Täristävän viivan syvyys vaihteli paljon. Alla olevassa taulukossa 8 on esitetty viivan leveys senttimetreinä ja syvyys millimetreinä. Lisäksi syvyyden mittaustuloksista tehtiin frekvenssikuvaaja (kuva 11), josta selviää kuinka paljon tulokset vaihtelivat. Yksi mitatuista viivan leveyksistä (19,0 cm) oli huomattavasti pienempi kuin keskimääräinen viivan leveys, joka oli pyöristettynä 20,0 cm. Yhden poikkeavan mittaustuloksen vaikutus keskihajontaan on suuri. Ilman poikkeavaa leveyden mittaustulosta keskihajonta olisi 0,1 cm.

Taulukko 8: Täristävän viivan leveys ja syvyys mt 140:llä Tuusulassa.

	Leveys (cm)	Syvyys (mm)
Keskiarvo	20,0	4,0
Keskihajonta	0,2	2,0
Minimi	19,0	0,9
Maksimi	20,0	8,0



Kuva 11: Syvyyden frekvenssi täristävistä viivoista mt 140:llä Tuusulassa.



### Asfaltinlevittimellä painettu täristävä viiva, kt 73 välillä Eno-Lieksa

Asfaltinlevittimellä painettua täristävää viivaa sijaitsi kt 73:lla välillä Eno – Lieksa. Täristäviä viivoja oli kaksi ja ne sijaitsivat keskiviivan kummallakin puolella (kuva 12). Viivan laatu vaihteli hyvinkin paljon. Joissakin kohdissa viivaa ei ollut käytännössä lainkaan. Ilmeisesti jyräyksen yhteydessä viiva painuu helposti umpeen. Viivojen säilyminen mahdollisesti edellyttäneen tiivistämisen kannalta liian alhaista lämpötilaa. Keskeinen kysymys onkin, halutaanko painottaa täristävän viivan vai päällysteen laatua?

Viivan k/k-väliksi mitattiin 21 senttimetriä (keskihajonta 0,4 cm) ja pituudeksi ajosuunnassa 2,6 cm (0,4 cm). Viivan leveys vaihteli paljon; pienin mitattu leveys oli 7,5 cm ja suurin 17 cm. Viivan keskimääräiseksi leveydeksi mitattiin 14 cm (3,5 cm). Viivan syvyydeksi mitattiin 9,7 millimetriä (1,6 mm). Viivan laatu oli pääsääntöisesti parempaa kuin asfalttijyrällä tehtyjen viivojen.

Täristävää viivaa oli tehty myös paikkoihin, joissa ohittaminen on mahdollista. Voiko viiva aiheuttaa vaaratilanteen, jos ohitettavan ajoneuvon kuljettaja ei huomaa ohittamaan lähtevää ajoneuvoa? Vaaratilanne voisi syntyä, kun ohitettavan ajoneuvon kuljettaja vaistomaisesti ajautuu tai tekee ohjausliikkeen vasemmalle, ohittavan ajoneuvon eteen, kun ohitettavan ajoneuvon kuljettaja on tottunut, että täristävää viivaa on ainoastaan ajokaistan reunaviivassa.



Kuva 12: Asfaltinlevittimellä painettua täristävää viivaa kt 73:lla. Kuvassa vasemmanpuoleinen viiva on laadultaan parempaa.

### 5.3 Kamflex – tärisevä viiva

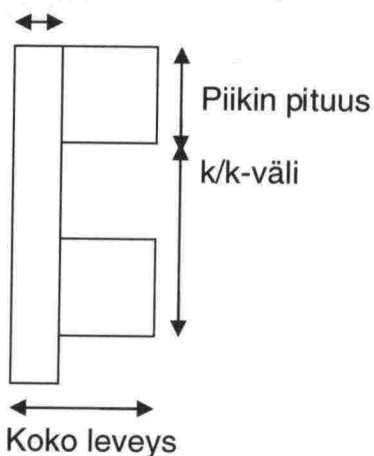
Kamflex-viivoja (tyyppi 10+5) tutkittiin eri-ikäisinä. Uusin viiva on kesältä 2004 ja vanhin on vuodelta 2000. Tarkoituksena oli saada käsitys siitä, miten ikä ja kuluneisuus vaikuttavat Kamflex-viivan meluominaisuuksiin. Tutkittavat Kamflex-viivat sijaitsivat Uudenmaan ja Kaakkois-Suomen tiepiireissä. Tutkitut Kamflex-kohteet ovat esitetty taulukossa 9. Kuvassa 13 on esitetty kaavio Kamflex-viivan dimensioista.

Taulukko 9: Kamflex-viivan mittauskohteet

Tiepiiri	Tie	Tieosat	Vuosi	Osuuden pituus (km)	Paikka
U	1	11-15	2004		Saukkola
U	51	12-13	2004		Tähtelä
U	25	9-11	2003	5,6	Dragsvik
U	25	17	2003	5,7	Mustio
U	25	23-25	2003	1,9	Nummela-Siippoo
KaS	6	203-205	2002	8,7	Utti-Kaipiainen
KaS	6	213-216	2002	5,4	Lappeenranta-Huomola
KaS	6	305-307	2002	14	Joutseno-Imatra
KaS	46	3-7	2002	14	Voikkaa-Jaala
KaS	5	129-132	2001	6,9	Mikkeli-Norola
KaS	6	203	2001	2,1	Utti
KaS	6	208	2001	3,6	Taavetti
KaS	12	231-232	2001	8,8	Kausala-Kouvola
KaS	5	137-140	2000	20	Juvalta pohjoiseen
KaS	7	24-28	2000	11,7	Pyhtää-Kotka

Vuonna 2004 tehtyjä Kamflex-viivoja mitattiin valtatie 1:llä Saukkolassa sekä kantatie 51:llä Tähtelässä (kuva 14). Molemmissa kohteissa viivat olivat tasalaatuisia. Viivan dimensiot mitattiin molemmista kohteista. Hajonta oli pientä, joten dimensiot mitattiin vain 10 kohdasta. Koko viivan ajosuunnan poikittainen keskimääräinen leveys oli 16 senttimetriä (keskihajonta 0,5 senttimetriä), k/k-väli 20 cm (0,2 cm), yhden piikin ajosuuntainen pituus 11,5 cm (0,9 cm) ja jatkuvan viivan leveys 6 cm (0,1 cm). Merkinän keskimääräinen paksuus asfaltin pintaan nähden oli 3,5 millimetriä (keskihajonta 0,8 mm).

Jatkuvan viivan leveys



Kuva 13: Kaaviokuva Kamflex-viivan dimensioista.





Kuva 14: Uutta Kamflex-viivaa kantatie 51:llä Tähtelässä. Viiva oli tasalaatuista koko osuudelta. Uusi päällyste on SMA 16.

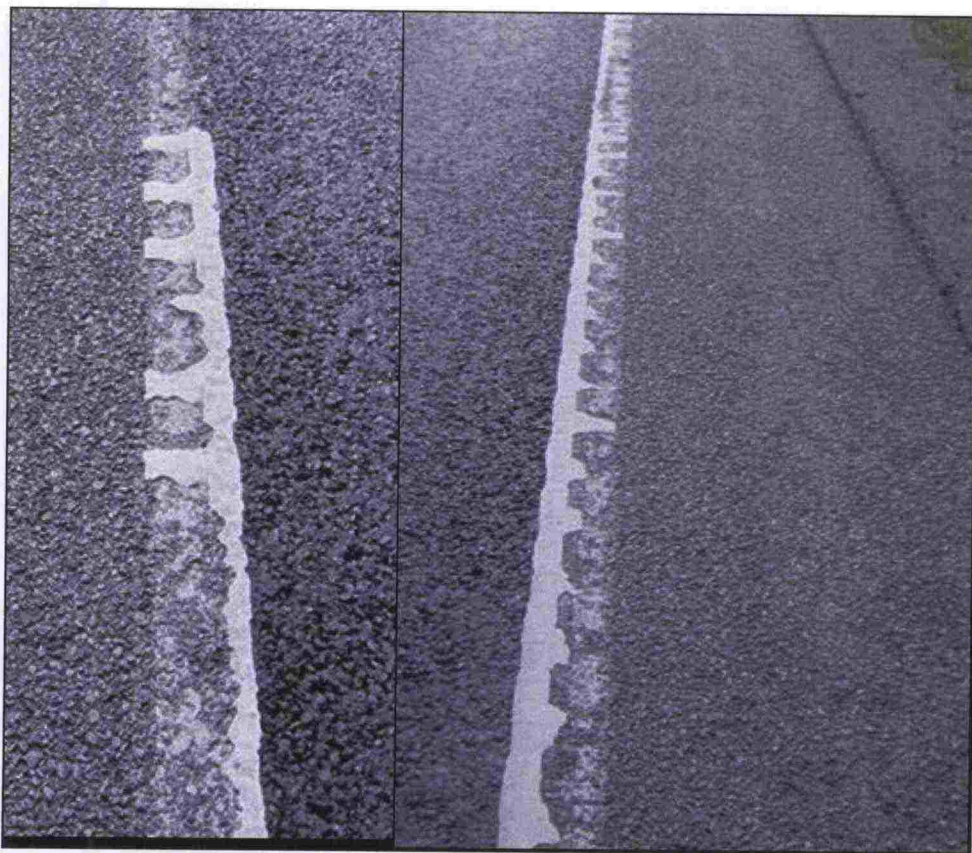
Vuonna 2003 tehtyjä viivoja mitattiin valtatie 25:llä kolmessa kohteessa: Dragsvikissa, Mustiossa ja välillä Nummela-Siippoo (kuva 15). Dragsvikin ja Nummela-Siippoon kohteissa viiva oli hyvälaatuista. Mustion osuudella viivasta oli kulunut arviolta puolet pois (kuva 16). Syinä kulumiseen ovat talvihoito ja se, että viiva oli tehty vanhan reunaviivoituksen päälle, eikä uuden viivan liimaus ollut kestänyt. Pientareella ja ojissa oli paljon isoja Kamflex-viivan palasia. Mustion kohteen dimensioita ei voitu luotettavasti määrittää.

Dragsvikin ja Nummela-Siippoon osuuskien dimensiot olivat hyvin samanlaisia. Koko viivan ajosuunnan poikittainen keskimääräinen leveys oli 16 senttimetriä (keskihajonta 0,8 senttimetriä), k/k-väli 20 cm (0,3 cm), yhden piikin ajosuuntainen pituus 10,5 cm (0,6 cm) ja jatkuvan viivan leveys 6 cm (0,4 cm). Merkinnän keskimääräinen paksuus asfaltin pintaan nähden oli 4,7 millimetriä (keskihajonta 0,6 mm), eli merkintä oli paksumpaa kuin vuonna 2004 tehty Kamflex-viiva.



Kuva 15: Hyvälaatuista vuonna 2003 tehtyä Kamflex-viivaa kt 25:llä välillä Nummela-Siippoo. Päällyste on SMA 16.





Kuva 16: Vuonna 2003 tehtyä Kamflex -täristävää viivaa vt 25:llä Mustiossa. Viivasta oli kulunut arviolta puolet pois. Päällyste on SMA 16.

Vuonna 2002 tehtyjä Kamflex- viivaa mitattiin neljässä kohteessa, joista kolme sijaitsi vt 6:lla. Osuudet olivat Joutseno-Imatra, Lappeenranta-Huomola ja Utti-Kaipiainen (leveäkaistatie). Neljäs kohde oli kt 46:lla välillä Voikkaa-Jaala. Vaikka viivat olivat samanikäisiä, ne olivat kuluneet hyvinkin erilailla; osuudella Utti-Kaipiainen (kuva 17) Kamflex-viivan päälle oli maalattu uusi, tavallinen reunaviiva, jota oli arviolta 40 % osuudesta. Kaksi muuta vt 6:lla olevaa osuutta olivat suhteellisen hyvässä kunnossa. Välillä Utti-Kaipiainen ajorata on leveä, joten erityisesti raskaiden ajoneuvojen ajolinja on kaistan oikeassa reunassa.

Viivojen dimensiot olivat eri osuuksilla hieman erilaiset. Osuuden Joutseno-Imatra dimensioiksi mitattiin: k/k 20,5 cm (keskihajonta 0,3 cm), piikin pituus ajosuunnassa 10 cm (0,4 cm), leveys ajosuunnassa 6,3 cm (0,3 cm). Koko viivan leveydeksi mitattiin 15,5 cm (0,2 cm). Merkinnän paksuudeksi mitattiin 1,9 millimetriä (0,2). Osuuden Lappeenranta-Huomola keskimääräiseksi k/k-väliksi mitattiin 21,7 senttimetriä (0,3 cm) ja merkinnän paksuudeksi 2,8 millimetriä (0,4 mm). Muut dimensiot olivat hyvinkin samansuuruiset kuin osuudella Joutseno-Imatra. Vaikka osuus Utti-Kaipiainen on leveäkaistatie, Kamflex-viiva oli kulunut; merkinnän keskimääräiseksi paksuudeksi saatiin vain 1,2 millimetriä (keskihajonta 0,7 mm). Osuuden muut dimensiot olivat samansuuruiset kuin osuuksilla Joutseno-Imatra ja Lappeenranta-Huomola.

Osuuden Voikkaa-Jaala kt 46:lla k/k-väliksi mitattiin 20 senttimetriä (keskihajonta 0,1 cm), piikin pituudeksi ajosuunnassa 9,5 cm (0,3 cm). Koko viivan leveys ajosuunnassa oli 14,3 cm (0,5 cm) ja piikin leveys 4,7 cm (0,3 cm), mitkä ovat

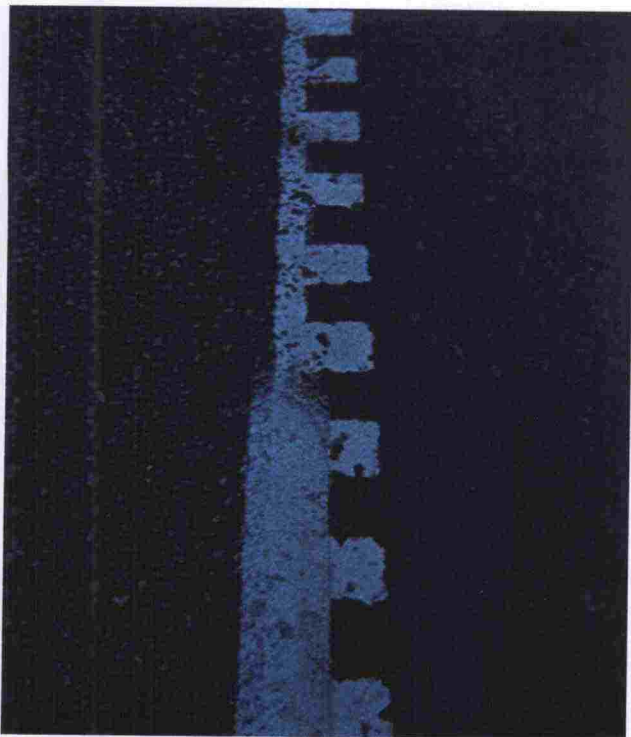


hieman muiden osuuksien vastaavia pienemmät. Merkinnän keskimääräiseksi paksuudeksi mitattiin 1,4 millimetriä (0,4 mm).



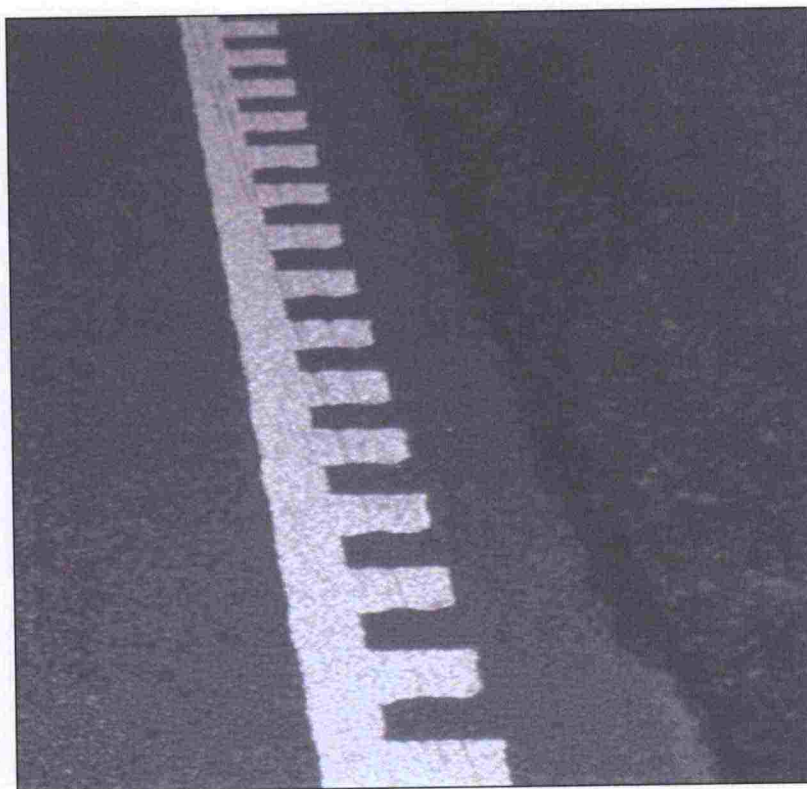
Kuva 17: Vuonna 2002 tehtyä Kamflex-viivaa vt 6:lla välillä Utti-Kaipiainen. Aurauksen jälkiä asfaltissa ei näkynyt, joten todennäköisesti liikenne oli kuluttanut viivaa. Utista itään oli vuonna 2001 tehtyä Kamflex-viivaa, joka oli kulunut niin pahasti, että täristävän viivan päälle oli maalattu uutta, tavallista reunaviivaa.

Vuonna 2001 tehtyä Kamflex-viivaa tutkittiin neljässä kohteessa, joista kaksi sijaitsi vt 6:lla; toinen Utissa ja toinen Taavetissa (leveäkaistatie). Kolmas kohde oli vt 5:llä Mikkelistä Norolaan. Neljäs kohde oli vt 12 Kouvolaan Kausalaan. Kaikissa kohteissa Kamflex-viiva oli kulunut suurelta osin pois ja viivan päälle oli maalattu tavallinen reunaviiva (kuva 18). Viivojen keskimääräiset paksuudet kuitenkin vaihtelivat runsaasti. Paikoin viivan paksuus oli käytännössä olematon (Utissa) ja paikoin yli kaksi millimetriä (Taavetissa). Eri kohteiden viivojen muut dimensiot olivat hyvinkin samansuuruisia eli k/k-väliksi mitattiin 20 senttimetriä (keskihajonta 0,1 cm), piikin pituudeksi ajosuunnassa 9,3 cm (0,2 cm), koko viivan leveydeksi 15,3 cm (0,2 cm) ja piikin leveydeksi 5,6 cm (0,3 cm).

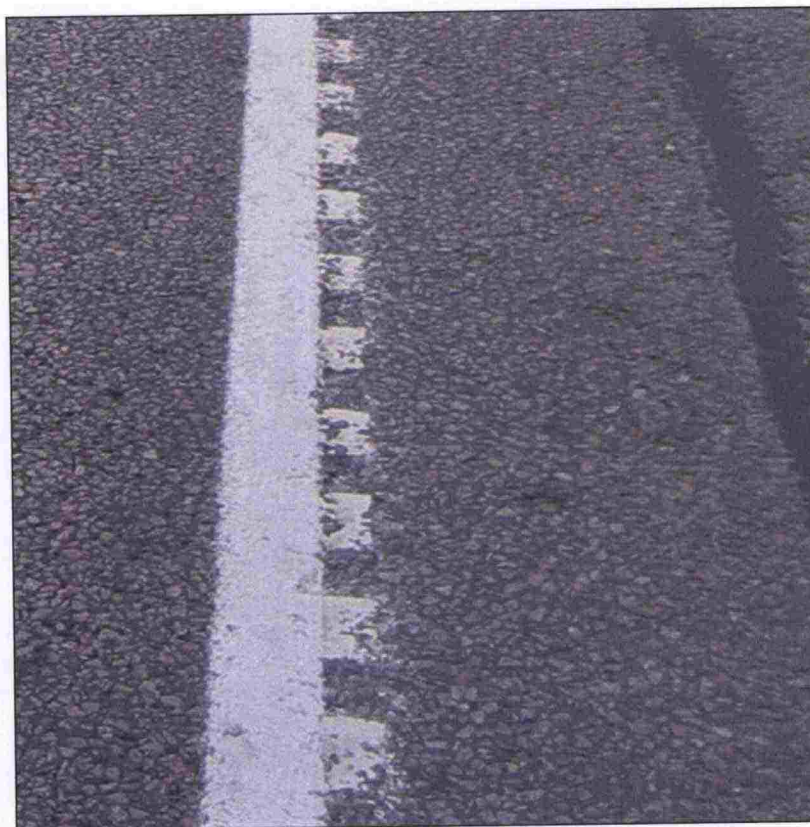


*Kuva 18: Vuonna 2001 tehtyä Kamflex-viiva vt 6:lla Utissa. Arvioitiin, että osuudesta noin 80 % oli päälle maalattua merkintää. Kamflex-viivan melu- ja värinätkä vaikutus on käytännössä olematon. Kaikki vuonna 2001 tehdyt kohteet olivat kuluneet ja suurelta osin maalattu uudelleen.*

Vuonna 2000 tehtyjä Kamflex-viivan kohteita oli kaksi: vt 5:llä Juvalta pohjoiseen (kuva 19) ja vt 7:llä välillä Pyhtää-Kotka (kuva 20). Ensimmäisen kohteen viivan k/k-väliksi mitattiin 19,8 senttimetriä (keskihajonta 0,2 cm) ja piikin pituudeksi ajosuunnassa 10,4 cm (0,5 cm). Koko viivan leveydeksi mitattiin 15,3 cm (0,3 cm) ja piikin 6 cm (0 cm). Viivan paksuudeksi mitattiin 3,2 millimetriä (0,4 mm) eli viiva oli huomattavasti paksumpaa kuin vuoden 2001 tehtyjen viivojen paksuus. Kohteen päällysteen pinnan havaittiin olevan hyvin karkeaa.



Kuva 19: Vuonna 2000 tehtyä Kamflex-viivaa Juvalta. Viiva oli hyvässä kunnossa, mikä johtuu osittain hyvinkin kapeasta päällystetystä pientareesta, jota oli pienimmillään noin viisi senttimetriä. Kuvassa on päällystettyä piennarta noin kymmenen senttimetriä



Kuva 20: Vuonna 2000 tehtyä Kamflex-viivaa vt 7:llä Pyhtäällä. Viivan päälle on maalattu uusi tavallinen reunaviiva. Kuva on sisäkaarteiden alusta, mikä näytti yleisesti kuluneen eniten.

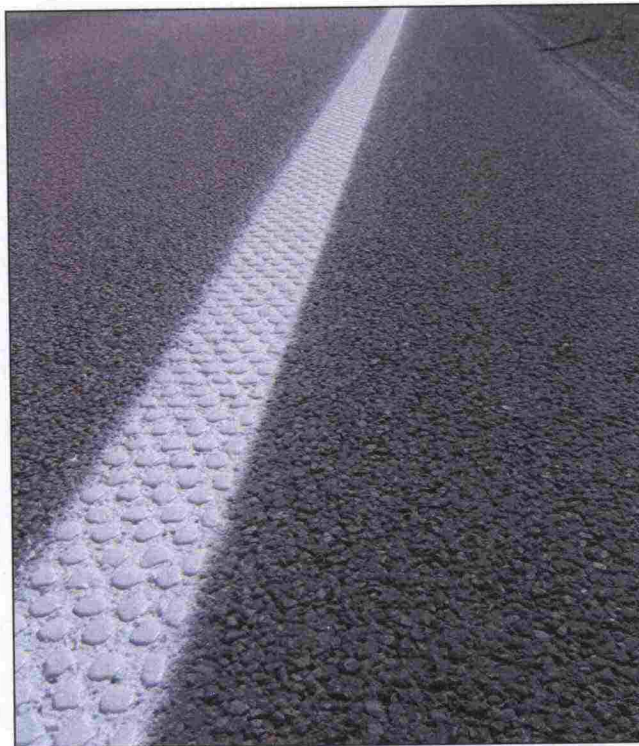


Kamflex-viivojen kulumiseen vaikuttaa ehkä eniten talvihoito. Toinen merkittävästi vaikuttava asia on ajokaistan sekä pientareen leveys. Jos piennar on leveä, leikkaa ajolinja reunaviivan herkästi, etenkin oikealle kääntyvän mutkan alussa. Jos kaista on kapea, raskas liikenne joutuu välillä ajamaan reunaviivan päällä. Henkilöautoliikenne ajaa kapealla ajokaistalla enemmän oikeassa reunassa kuin jos kaista olisi leveämpi. Leveäkaistatiellä Kamflex-viiva oli kulunut kauttaaltaan. Syynä on mahdollisesti se, että raskaat ajoneuvot väistävät mahdollisimman oikealle, jotta ne olisivat turvallista ohittaa. Suoralla viivan huomattiin kuluvan tasaisesti. Kaikissa kohteissa Kamflex-viivan havaittiin kuluneen eniten oikealle kääntyvän kaarteiden alussa. Suoralla ja kaarteissa viiva oli kulunut tasaisesti, kaarteissa tosin enemmän kuin suoralla. Liikennemäärä vaikuttaa myös viivan kulumiseen. Valtateillä olleet kohteet olivat kuluneet enemmän kuin alemman luokan teillä. Ainoana poikkeuksena tähän on vt 25:llä oleva osuus välillä Nummela-Siippoo, joka oli säilynyt hyvin.

Vuonna 2004 tehtyjen Kamflex-viivojen keskimääräiseksi paksuudeksi mitattiin 3,5 millimetriä. Vuonna 2003 tehdyt Kamflex-viivat olivat uusia viivoja keskimääräisesti paksumpia; vt 25 Dragsvikissa viivan paksuus oli jopa 4,7 millimetriä. Vuonna 2002 tehdyt viivat olivat selvästi kuluneita ja keskimääräiseksi paksuudeksi määritettiin 1,8 mm. Vuonna 2001 valtatie 6:lle tehdyt Kamflex-viivat olivat kuluneet erittäin paljon ja viivojen keskimääräinen paksuus oli alle 1 millimetrin. Kamflex-viivan kuluneisuuden havaittiin heikentävän nopeasti viivasta aiheutuvaa meluvaikutusta.

#### 2.4 Drop-On-Line täristävä viiva valtatie 7:llä

Drop-On-Line -viivaa tehtiin valtatie 7:lle välille Koskenkylä-Loviisa 12.8.2004. Osuus sijaitsee kokonaisuudessaan leveäkaistatiellä. Keskimääräinen täristävän viivan levitysnopeus oli noin 8 km/h. Merkintämaalitristävän viivan tavoiteleveys oli 20 cm. Merkintämaalimassaa kului noin yksi kilogramma metriä kohden. Kuvassa 21 näkyy viivan sijainti kaistalla ja kuvasta 22 näkyvät viivan pisaroiden muoto ja koko.



Kuva 21: Drop-On-Line tärstävä viiva valtatie 7:llä. Päällyste on SMA 16.



Kuva 22: Drop-On-Line tärstävä viiva läheltä kuvattuna. Kuvasta näkyy miten pisaroiden koko ja muoto vaihtelevat.

Drop-On-Line tärstävän viivan dimensiot mitattiin 12.8.2004. Tärstävän viivan leveys ajosuunnassa oli 20 senttimetriä. Viivassa olevien nystyröiden halkaisija mitattiin viidestä kohdasta. Halkaisijan keskiarvo on 3 senttimetriä, keskihajonta 0,04 senttimetriä. Pienin mitattu halkaisija oli 2,1 ja suurin 3,8 senttimetriä. Nystyröiden korkeus vaihteli 1,5 millimetristä 4,7 millimetriin.



## 2.5 Muut tutkitut täristävät viivat

### Humflex

Valtatie 5:llä Mikkelin pohjoispuolella välillä Norola-Asila oli Kamflex-viivan tapaista viivaa, jossa Kamflex-viivassa olevat piikit olivat jatkuvan merkinnän alla (kuva 23). Viiva on raportissa nimetty Humflex-viivaksi. Leena Gruzdaitis Tiehallinnon teknisestä palvelusta selvitti Kaakkois-Suomen tiepiiristä, miten kyseinen tiemerkintä oli tehty ja kuinka yleinen merkintä on tiepiirissä. Tiepiiristä vastattiin, että kyseinen merkintä on tehty siten, että ensin on tehty n. 3 mm paksu pala noin kymmenen sentin välein. Palan koko on 10x10 cm. Sen jälkeen on vedetty palojen päälle noin 1,5 mm paksu yhtenäinen 10 cm leveä viiva. Samanlaista, mutta uutta viivaa oli vt 6:lla Lappeenrannan itäpuolella aina Pontuksen liittymään asti; tieosat ovat 133-134. Muista kohteista ei ole tierekisteriosoitetta.

Täristävän viivan leveydeksi mitattiin 10 senttimetriä. Piikkien k/k-väliksi mitattiin 20,3 cm (keskihajonta 0,2 cm), ja yhden piikin pituudeksi ajosuunnassa 11 cm (0,1 cm). Merkinnän paksuudeksi mitattiin 2,6 mm (0,8 mm).

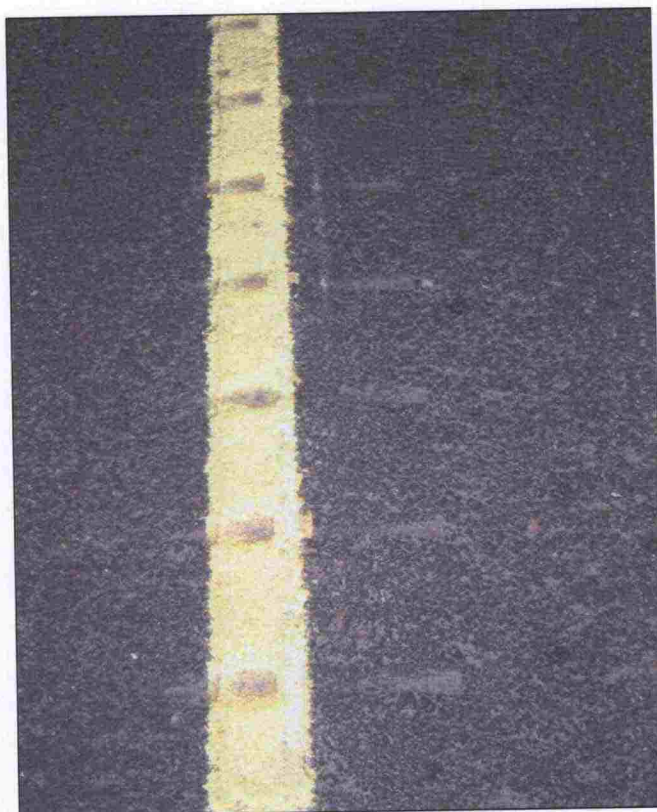
Tämä merkintätyyppi otettiin mukaan tutkimukseen, koska se oli lähes samanlaista kuin Kamflex-viiva ja haluttiin tietää eroaako Humflex-viivasta aiheutuva melutaso Kamflex-viivan melutasosta.



Kuva 23: Humflex-viivaa vt 5 välillä Norola-Asila. Merkinnän rakenne muistuttaa Kamflex-viivan rakennetta.

### **Painamalla tehty täristävä keskiviiva vt 5:llä Leppävirralla**

Vuoden 2003 moottoripyörätutkimuksessa mukana ollut vt 5:n täristävän keskiviivan koeosuus (Leppävirta) otettiin myös tähän tutkimukseen mukaan. Täristävä viiva on tehty painamalla keskiviivan molemmille puolille (kuva 24). Painetun viivan jälkien k/k-väliksi mitattiin 18,7 senttimetriä (keskihajonta 0,4 cm) ja pituudeksi ajosuunnassa 3 cm (0 cm). Jäljen leveydeksi mitattiin 10,8 cm (0,8 cm). Jäljen syvyys syvemmässä päässä oli 5,8 millimetriä (1,2 mm) ja toisesta päästä 3,5 mm (0,7 mm).



*Kuva 24: Valtatie 5 Leppävirralla olevaa painamalla tehtyä täristävää keskiviivaa. Jäljen pohjassa havaittiin olevan noin millimetrin paksuinen pölykerros.*

### 3 Mittausmenetelmät

#### 3.1 Tutkimuksessa käytetyt ajoneuvot

Tutkimuksessa käytetyt ajoneuvot ja niiden renkaat olivat seuraavat:

- Ford Mondeo farmari (Tielaboration auto), vm. 2000; Nokia NRT2 195/65-15-T (kuva 25)
- Nissan Primera farmari (Tielaboration auto), vm. 1991; Michelin Energy 195/65-14-T
- Volkswagen Jetta (tekn. yo Tuomas Vasaman auto), vm. 1991; Firestone 185/65-14-T
- Scania 110 (Rantasen Ajo Oy:n auto); edessä Goodyear 295/80-22,5, takana pinnatut Michelin samankokoiset renkaat; (kuva 26)
- Yamaha XTZ 750 Super Tenere (sama kuin vuoden 2003 tutkimuksessa); asfalttiajoon soveltuvat renkaat
- Kawasaki ZX-6R 600-kuutioinen sport-moottoripyörä, vm. -99



Kuva 25: Tutkimuksessa käytetty farmariauto Ford Mondeo.





Kuva 26: Tutkimuksessa käytetty kuorma-auto Scania 110

Autojen osalta oli tavoitteena saada mittausaineistoa sekä farmari- että henkilömallisista autoista ja vertailla myös auton iän vaikutusta melutuloksiin (jyrsityt täristävät viivat).

Valittu kuorma-auto (kuva 26) edustaa nykyaikaista, hyvin jousitettua raskasta ajoneuvokantaa; hytti on jousitettu neljästä pisteestä.

Moottoripyöräksi oli luontevaa valita sama pyörä (kuva 27) kuin vuoden 2003 esitutkimuksessa. Mikään moottoripyörähän ei yksin voi edustaa Suomen teillä liikkuvaa moottoripyöräkantaa, koska pyörien tehot, rengaskoot, ja – kuviot sekä ajoasennot ja niiden myötä käsiteltävyys erilaisissa tilanteissa vaihtelevat suuresti. Tutkimuksessa käytetty Yamaha XTZ Super Tenere on suurehko pyörä, jonka käsiteltävyys on hyvä. Tämä oli tärkeää, koska oli tarkoitus kokeilla myös voimakkaita jarrutuksia. Pyörään oli asennettu maantieajoon sopivat renkaat, eturenkaan halkaisija on 21 tuumaa ja leveys 90 mm. Pyörän kokonaispaino on n. 200 kg. Toiseksi moottoripyöräksi valittiin Kawasaki ZX-6R (kuva 28), joka on varsin tyypillinen sport-tyyppinen pyörä, jota ajetaan ns. kyykkyasennossa.



Kuva 27: Tutkimuksessa käytetty moottoripyörä Yamaha XTZ Super Tenere.



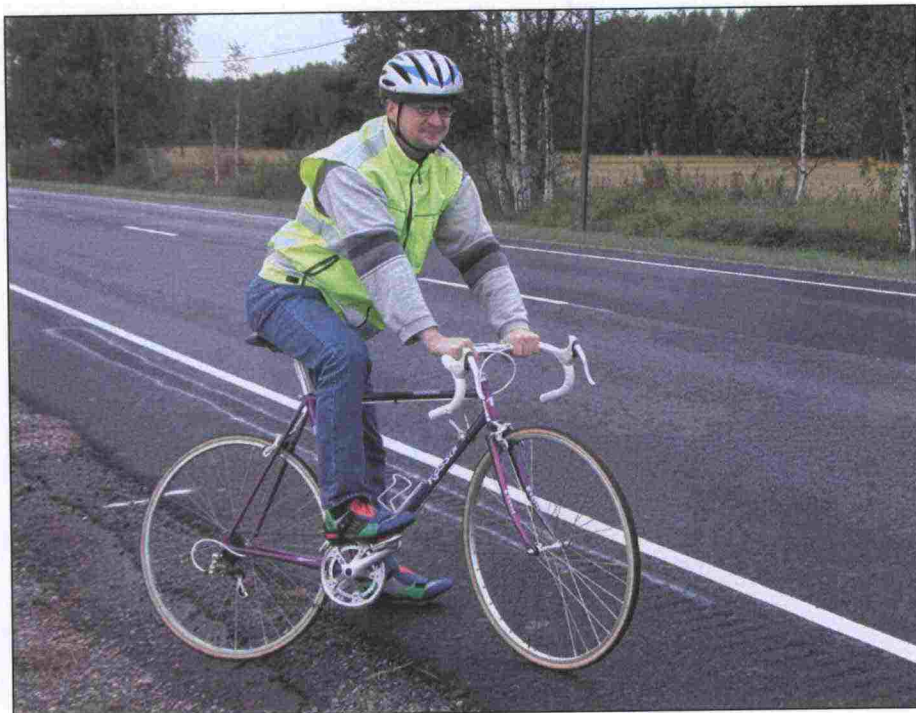
Kuva 28: Tutkimuksessa käytetty moottoripyörä Kawasaki ZX-6R.

Polkupyörillä tutkittiin miten täristävät viivat ja niiden tyyppi vaikuttaa pyöräilyyn. Täristävä viiva sijaitsee joko reunaviivassa tai sen pientareen puolella, joten pyöräilijälle turvallisin ajopaikka on mahdollisesti kaventunut. Tutkimuksessa käytettiin kahdenlaista polkupyörää: Toinen on harjoituskilpapolkupyörä Rossin (kuva 29), jossa on 28" kapeat renkaat sekä toinen on jousittamaton maastopolkupyörä Diamondback 26" leveillä maastoajoon soveltuvilla renkailla.



Polkupyörällä tutkimuksessa ajoivat tutkijat Ville Alatyppö (maastopyörä) ja Pekka Jauhiainen (harjoituskilpapyörä).

Polkupyörillä ajettiin niin päällysteellä kuin täristävän viivan päällä, välillä täristävä viiva ylitettiin ikään kuin olisi väistetty takana tulevaa autoa. Tarkoituksena oli saada tuntumaa siitä, kasvattaako täristävä viiva polkupyörällä liikkuvan turvallisuusriskiä.



Kuva 29: Toinen tutkimuksessa käytetyistä polkupyöristä. Harjoituskilpapolkupyörän ajajana toimi tutkija Pekka Jauhiainen.

### 3.2 Ajoneuvon sisätilamelu

Ajoneuvon sisätilamelua mitattiin Ford Mondeo -henkilöautolla sekä Volkswagen Jetta -henkilöautolla. Volkswagenilla mitattiin vain vt 1:llä olevat jyrskyjen täristävien viivojen osuudet. Standardissa ISO 5128-1980 (Acoustics –Measurement of noise inside motor vehicles) kuvataan menetelmä auton sisätilan melun mittaamiseksi. Menetelmä on kehitetty lähinnä erilaisten autojen testaamiseen, joten standardia jouduttiin tässä tapauksessa soveltamaan.

Jyrskyjen täristävien viivojen aiheuttamaa sisätilamelua mitattiin vakionopeuksilla, jotka ovat samat kuin ohiajomelun mittauksessa. Mittari sijaitsi ajoneuvon oikeanpuoleisen etuistuimen selkänojassa, suurin piirtein niillä kohdin, jossa etupenkin matkustajan korvat sijaitsevat. Testaaja, joka istui takapenkillä, piti mittaria etuistuinta vasten paikoillaan mittauksen ajan.

Sisätilamelua mitattiin 10 sekunnin ajan fast-aikavakiolla ja A-painotuksella. Mitattavana suureena oli keskimääräinen äänenpainetaso Leq. Rinnakkaismittauksia päällysteellä sekä täristävällä viivalla tehtiin vähintään viisi onnistunutta mittausta nopeutta kohti. Mittaukset suoritettiin ilta-aikaan, jolloin muuta liikennettä oli vähän.



### 3.3 Ajoneuvon ohiajomelu (CB-menetelmä)

Ohiajomelua mitattiin kahdella henkilöautolla, kuorma-autolla ja moottoripyörällä. Melua mitattiin ajoneuvon ajaessa normaalisti kaistalla ja siten, että renkaat kulkivat täristävää viivaa pitkin.

Standardiluonnoksessa, ISO/DIS 13325 (Tyres-Coast-by-method for measurement of tyre/road sound emission), kuvataan yhden auton ohiajomittaus (CB-menetelmä). Menetelmä on kuitenkin kehitetty lähinnä erillisellä testiradalla tehtäväksi, joten sitä on jouduttu soveltamaan. Samaa mittausmenetelmää on käytetty mm. HILJA-projektissa. Ohiajomittaukset tehtiin liikenteen seassa yöaikaan, millä voitiin välttää muun liikenteen vaikutus ohiajon maksimimeluun.

Melumittari sijoitettiin standardin mukaisesti 7,5 metrin etäisyydelle mittauspaikan ohittavan ajoneuvon keskilinjasta, kun auto kulki joko päällysteellä tai tärinäraidassa. Mittarin korkeus päällysteen pinnalta oli 1,2 metriä. Melumittaus tehtiin A-painotettuna, fast-aikavakiolla. Mitattava suure on ohiajosta aiheutuva maksimimelu  $L(A)_{max}$ . Mittausaika oli 3 sekuntia. Kolmesta rinnakkaisesta mittaustuloksesta ilmoitetaan suurin meluarvo.

#### Etäisyysvaikutuksen mittaus

Ohiajomelun mittausmenetelmällä testattiin, kuinka kauas tiestä täristävästä viivasta aiheutuva melun lisäys vaikuttaa. Menetelmässä mitattiin pelkällä päällysteellä ohiajavasta autosta sekä täristävällä viivalla ajavasta autosta aiheutuvaa melua eri etäisyyksillä (20 metrin välein 200 metriin saakka, tiehen nähden kohtisuorasti). Lisäksi jokaisessa mittauspisteessä mitattiin ympäristön taustamelu. Melumittarin asetukset olivat samat kuin normaalissa ohiajomelun mittausmenetelmässä. Mittauksen ajoneuvona käytettiin vain Ford Mondeota. Mittausnopeuksia oli vain yksi eli 80 km/h. Mittauspaikalla tien tasauksen tuli olla mahdollisimman lähellä ympäröivää tasaisen maan pintaa. Käytännön syistä mittaukset tehtiin kahdessa kohteessa, pellolla ja yhdessä kohteessa sivutiellä.

### 3.4 Tärinä

Jyrsimällä tehtyjen täristävien viivojen tärinävaikutusta mitattiin kahdella ajoneuvolla, Ford Mondeo -henkilöautolla, ja kolmiakselisella Scania – kuorma-autolla. Muille täristäville viivoille tärinämittauksia ei suoritettu. Mittaukset suoritettiin kahden henkilön kuormalla, kuorma-auton teli ylös nostettuna. Henkilöautossa mittaaja istui kuljettajan takana takapenkillä, kuorma-autossa niin sanotulla apumiehen paikalla. Kuorma-auton ohjaamo oli varustettu nelipiste-ilmajousituksella, jolloin kiinteää yhteyttä alustaan ei ole.

Tärinävaikutusta mitattiin kolmella kiihtyvyysanturilla (IC Sensors model 3145, mittausalue  $\pm 2$  g), eri ajonopeuksilla. Mittaukset tehtiin jatkuvana, eikä tuloksia suodatettu. Mittaustuloksista laskettiin kiihtyvyyden tehollinen arvo (rms) sekunnin ajalta. Kiihtyvyyksistä yritettiin myös laskea heilahdusnopeudet ja värähtelyn amplitudi, mutta näiden erottaminen ajoneuvon muista liikkeistä ei onnistunut.

Anturit pyrittiin kiinnittämään siten, että saataisiin mahdollisimman laaja kuva ajoneuvon aiheutuvasta värinävaikutuksesta. Henkilöautossa kiihtyvyyssanturit kiinnitettiin seuraavasti:

- istuimen kiskoon pultattuun levyyn (anturi oli suoraan yhteydessä auton runkoon)
- istuimelle painon alle (kuvastaa istujaan tulevaa värinävaikutusta)
- kojetaulun päälle pultattuun levyyn (ilmenee koriin kiinnitettyihin osiin aiheutuva värinävaikutus).

Kuorma-autossa anturit kiinnitettiin:

- istuimen runkoon (2 kpl) (suorassa yhteydessä ohjaamon runkoon)
- ohjauspyörään (mekaaninen yhteys alustaan ohjausakselin kautta, vaikkakin vaimennettuna).

Tien keskilinjalla olevaa väristävää viivaa mitattiin ajamalla ajoneuvon vasemmanpuoleiset renkaat viivan päälle. Reunaviivan kohdalla olevaa väristävää viivaa mitattiin kuorma-auton oikean puolen pyörillä, henkilöautolla reunaviivaa mitattiin molempiin suuntiin, jolloin voitiin varmistua mitausten vertailukelpoisuudesta keskiviivamittausten kanssa. Mittaukset toistettiin ajamalla viivan päällä eri nopeuksilla molempiin suuntiin sekä ajamalla toistuvasti väristävän viivan päälle ja takaisin päällysteelle.

### 3.5 Tuntemukset

Tutkimukseen osallistuneiden kuljettajien tuntemukset kirjattiin ajon jälkeen. Moottoripyörillä tehtiin edellisvuoden tapaan myös jarrutuksia väristävien viivojen päällä, mutta autoilla tyydyttiin pelkkään tasaisella nopeudella ajamiseen.

### 3.6 Liikennelaskenta

Liikennettä laskettiin vain vt 1:llä, jossa kaistojen välissä oli jyrkitty väristävä viiva, ohituksiin mahdollisimman hyvin soveltuvassa kohdassa, jossa jyrkintäjälkien väli oli 120 cm. Tarkoitus oli saada käsitystä siitä, kuinka paljon päiväliikenteen aikana tapahtuu keskiviivan ylityksiä ja näin arvioida väristävän viivan aiheuttamaa lisäystä tien lähialueen melutasoon.

Liikennelaskennassa laskettiin erikseen molemmat ajosuunnat, myös raskaat ajoneuvot eriteltiin ja aivan erityisesti laskettiin kuulohavainnon perusteella väristävän viivan päälle ajaneiden määrä.

Liikennelaskennan ajankohta oli torstai 15.7.2004 klo 12.50 – 14.50.



4 Tulokset

4.1 Sisätilamelu

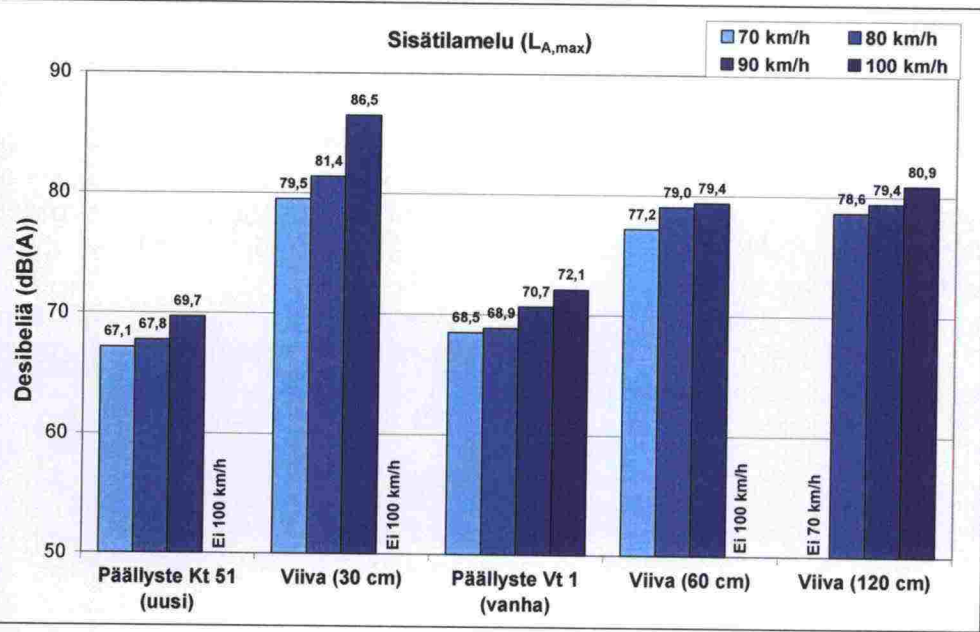
4.1.1 Jyrsityt täristävät viivat

Ford Mondeo

Sisätilamelun tulokset eri nopeuksilla ovat hyvin loogisia. Keli oli pilvipoutainen ja ilman lämpötilaksi mitattiin noin +21–22 °C. Täristävien viivojen 60 ja 120 cm tulokset ovat käytännössä samat (taulukko 10 ja kuva 30). Pientä eroa tuloksissa on, mutta se selittyy tilastollisella vaihtelulla. Melu 60 cm välin täristävän viivan osuudella ei kasva nopeuden kasvaessa samalla tavalla kuin muilla osuuksilla. Selvästi suurin sisätilamelu saatiin 30 cm välillä olevalla täristävällä viivalla nopeudella 90 km/h. Eroa 60 ja 120 cm välisiin täristäviin viivoihin on 6...7 desibeliä. Muissa nopeuksissa eroa oli vain 1...2 desibeliä.

Taulukko 10: Jyrsittyjen täristävien viivojen sisätilamelumittauksen tulokset. Päälyste Kt 51:llä oli uutta ja Vt 1:llä vanhaa, mikä selittää eron päälysteiden melussa.

Nopeus (km/h)	Kt 51		Vt 1	Näkkilä	Koisijärvi
	Päälyste	Viiva (30 cm)	Päälyste	Viiva (60 cm)	Viiva (120 cm)
70	67.1	79.5	68.5	77.2	-
80	67.8	81.4	68.9	79.0	78.6
90	69.7	86.5	70.7	79.4	79.4
100	-	-	72.1	-	80.9



Kuva 30: Sisätilamelu Ford Mondeossa eri nopeuksilla. Päälyste Vt 1:llä oli ainoa osuus, mikä mitattiin kaikilla nopeuksilla.



### Volkswagen Jetta

Valtatie 1:llä olevien osuuksien sisätilamelua mitattiin myös Volkswagen Jetta -henkilöautolla. Mittausnopeuksia oli kaksi; 80 ja 100 km/h. Keli oli pilvipoutainen ja ilmanlämpötila oli noin +18 °C. Meluarvot olivat kauttaaltaan hieman pienempiä kuin Ford Mondeolla mitatut melut (taulukko 11), mikä selittyy osin sillä että Ford on farmarimallinen eikä takarenkaan aiheuttama melu vaimene yhtenäisessä matkustamotilassa. Näiden lisäksi Fordissa lienee jäykempi alustarakenne. Osuuksien erot ovat kuitenkin samansuuntaisia verrattaessa Mondeolla mitattuihin meluarvoihin. Volkswagenin renkaat eivät alkaneet "ujeltaa", kuten muilla henkilöautoilla.

Taulukko 11: Volkswagen Jettalla mitatut sisätilamelut Vt 1:n osuuksilla.

	Vt 1	Näkkilä	Koisiärvi
Nopeus (km/h)	Päällyste	Viiva (60 cm)	Viiva (120 cm)
80	67,5	78,4	77,0
100	71,7	-	80,2

#### 4.1.2 Painamalla tehdyt täristävät viivat

##### Asfalttityrällä painettu viiva

Sisätilamelua mitattiin vain Ford Mondeolla. Tulokset ovat esitetty taulukossa 12. Nopeudella 80 km/h maantien 140 täristävä viiva oli meluisampi kuin kantatien 55 täristävä viiva ja ero päällysteestä aiheutuvaan meluun suurempi. Kuitenkin kt 55 Porvoon päässä ja mt 140 täristävien viivojen dimensiot olivat samankaltaiset.

Ajettaessa maantien 140 täristävää viivaa, huomattiin selvästi, miten nopeudella 70 km/h ajoneuvo alkoi resonoida. Nopeudessa 80 km/h resonointia ei huomattu ja sisätilamelu on pienempi kuin nopeudella 70 km/h.

##### Asfaltinlevittimellä painettu viiva

Asfaltinlevittimellä painetun täristävän viivan (kt 73, Eno-Liekksa) sisätilamelua mitattiin vain Ford Mondeolla. Viivan dimensiot ovat hyvin samankaltaiset kuin asfalttityrällä painettujen viivojen, vain keskisyvyys on hieman suurempi. Kaikilla nopeuksilla täristävän viivan ja päällysteen sisätilamelun välinen ero on käytännössä samansuuruinen; täristävä viiva on noin 6...7 desibeliä meluisampi (taulukko 12).

Taulukko 12: Asfalttityrällä (kt 55 ja mt 140) ja asfaltinlevittimellä (kt 73) painettujen täristävien viivojen aiheuttama sisätilamelu. Jyrällä ja levittimellä tehdyn viivan aiheuttama sisätilamelu on käytännössä samansuuruinen (vertaa kt 55 Porvoo ja kt 73).

	Kt 55 Mäntsälä		Kt 55 Porvoo		Mt 140 Jyvenpää		Kt 73 Eno	
Nopeus (km/h)	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva
70	-	-	-	-	64,0	72,9	65,7	72,2
80	65,9	70,3	66,2	70,9	65,0	72,3	66,7	72,6
100	69,8	72,9	70,2	75,7	-	-	69,6	76,7

#### 4.1.3 Kamflex – massamerkintä

Sisätilamelua mitattiin vain Ford Mondeolla. Mittausten aikana keli oli kuiva, pilvipoutainen ja lämpötila vaihteli +3...+12 °C.

Tuloksista on havaittavissa, että vilkkaammilla teillä Kamflex-viiva kuluu huomattavasti enemmän kuin vähemmän liikennöidyillä teillä (taulukko 13). Sisätilamelun lisäykseen vaikuttaa myös päällysteen kulumisesta aiheutuva melulisäys; ero viivasta aiheutuvaan meluun pienenee. Päällysteen vanhenemisen lisäksi meluisuuteen vaikuttaa urautuneisuus. Päällysteen melu mitattiin ajamalla urissa ja päällyste oli tasaisempaa, kun ajettiin viivan päällä.

Uudella päällysteellä melulisäys on alemmilla nopeuksilla noin 6...8 dB(A), 100 km/h nopeudessa eroa on noin 4 dB(A). Vuoden vanhan Kamflex-viivan melulisäys on suurin piirtein sama kuin uudella viivalla, eli viivan meluominaisuudet eivät sisätilamelun osalta muutu ensimmäisen vuoden jälkeen. Vaikka vt 25:llä Mustiossa noin puolet viivasta oli talvihoidon vuoksi irronnut päällysteestä, viivasta aiheutui kuitenkin noin 3 dB(A):n melulisäys, mikä oli sama kaikissa nopeuksissa.

Sekä vuonna 2002 että 2001 tehtyjä Kamflex-viivaosuuksia mitattiin vt 6:lla. Vaikka kyseessä on sama tie, myös samanikäisten Kamflex-viivojen melutulokset ovat osittain erilaisia. Erilaisuus johtuu mm. tien leveyden vaihtelusta; esimerkiksi välillä Utti-Kaipiainen tie on leveäkaistainen. Osuus oli kaikista mitatuista vuonna 2002 tehdyistä viivoista hiljaisin. Taavetissa on vuonna 2001 tehtyä Kamflex-viivaa, ja sen meluominaisuudet olivat saman veroiset kuin 2002 tehdyllä osuudella välillä Lappeenranta-Huomola.

Vuonna 2000 vt 5:lle tehdyn osuuden meluominaisuudet olivat kuin uudella viivalla. Tämä johtuu suurelta osin siitä, että osuudella piennar on lähes olematon ja nopeusrajoitus on 100 km/h, joten ajolinjat ovat turvallisuuden takia lähempänä keskiviivaa kuin reunaviivaa. Talvihoidon vaikutus näytti olevan kohteessa vähäinen. Toinen vuonna 2000 tehty Kamflex-viiva välillä Pyhtää-Kotka mitattiin, vaikka osuudesta oli noin 50 % maalattu uudelleen.

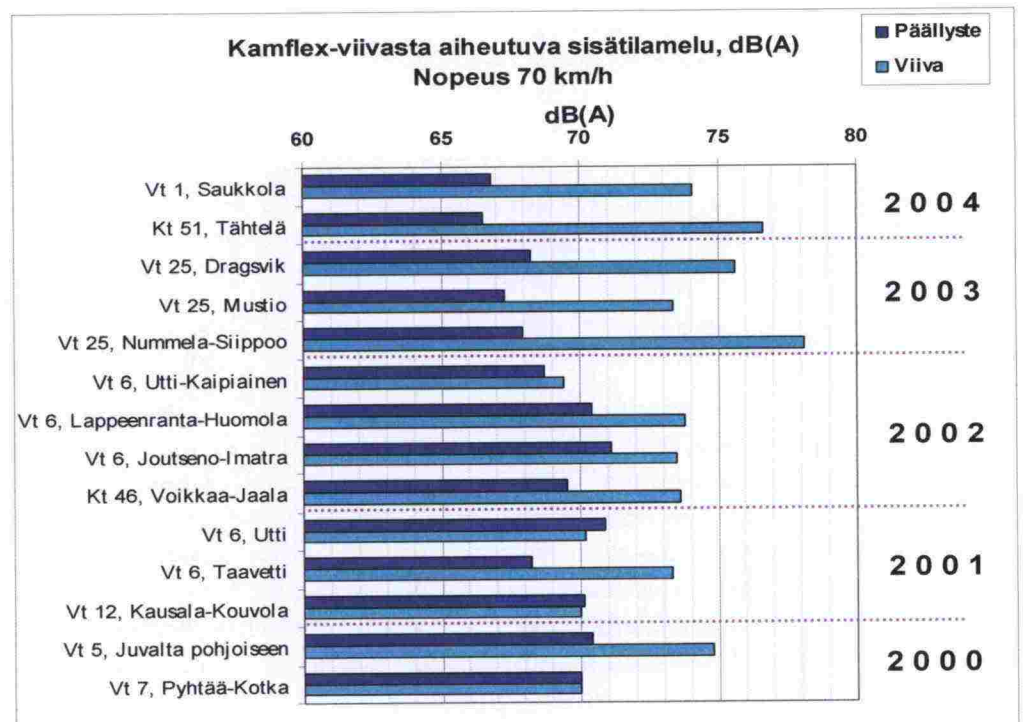


Taulukko 13: Tutkimuksessa mitatut Kamflex-viivat.

			Nopeus (km/h)						
			70		80		100		
Rakennus- vuosi	Tie	Paikka	Päälyste	Viiva	Päälyste	Viiva	Päälyste	Viiva	Muuta
2004	Vt 1	Saukkola	66,8	74,1	68,0	76,0	70,5	73,7	päälyste uusi
2004	Kt 51	Tähtelä	66,5	76,6	67,5	75,1	71,0	75,6	päälyste uusi
2003	Vt 25	Dragsvik	68,2	75,6	69,1	73,8	-	-	
2003	Vt 25	Mustio	67,3	73,4	69,2	72,9	71,0	73,6	
2003	Vt 25	Nummela-Sippoo	67,9	78,1	68,0	77,3	69,9	76,2	
2002	Vt 6	Utti-Kaipainen	68,7	69,4	69,5	71,2	72,0	71,9	leveäkaistatie
2002	Vt 6	Lappeenranta-Huomola	70,4	73,8	71,2	76,7	73,0	78,7	
2002	Vt 6	Joutseno-Imatra	71,1	73,5	71,8	75,6			
2002	Kt 46	Voikkaa-Jaala	69,5	73,6	70,8	71,3	72,0	73,3	
2001	Vt 5	Mikkeli-Norola	päälle maalattu, ei ääntä						
2001	Vt 6	Utti	70,9	70,2	päälle maalattu, ei ääntä				
2001	Vt 6	Taavetti	68,2	73,3	69,4	76,3	70,8	72,8	leveäkaistatie
2001	Vt 12	Kausala-Kouvola	70,1	70	päälle maalattu, ei ääntä				
2000	Vt 5	Juvalta pohjoiseen	70,4	74,8	72,1	76,4	-	-	
2000	Vt 7	Pyhtää-Kotka	70,0	70,0	70,8	71,7	72,6	75,4	

Alla olevassa kuvassa 31 on esitetty Kamflex-kohteiden sisätilamelut päälysteellä ja viivan päällä, kun mittausnopeus oli 70 km/h. Tällä nopeudella Kamflex-viivoista aiheutuva melutason lisäys pienenee voimakkaasti viivan vanhetessa. Kuvassa näkyy, miten päälysteestä aiheutuva melu kasvaa päälystämisen jälkeen; kuitenkin kahden, kolmen ja neljän vuoden ikäisen päälysteen melutaso on liki pitäen sama.

Kuvassa 32 on esitetty Kamflex-kohteiden sisätilamelut päälysteellä ja viivan

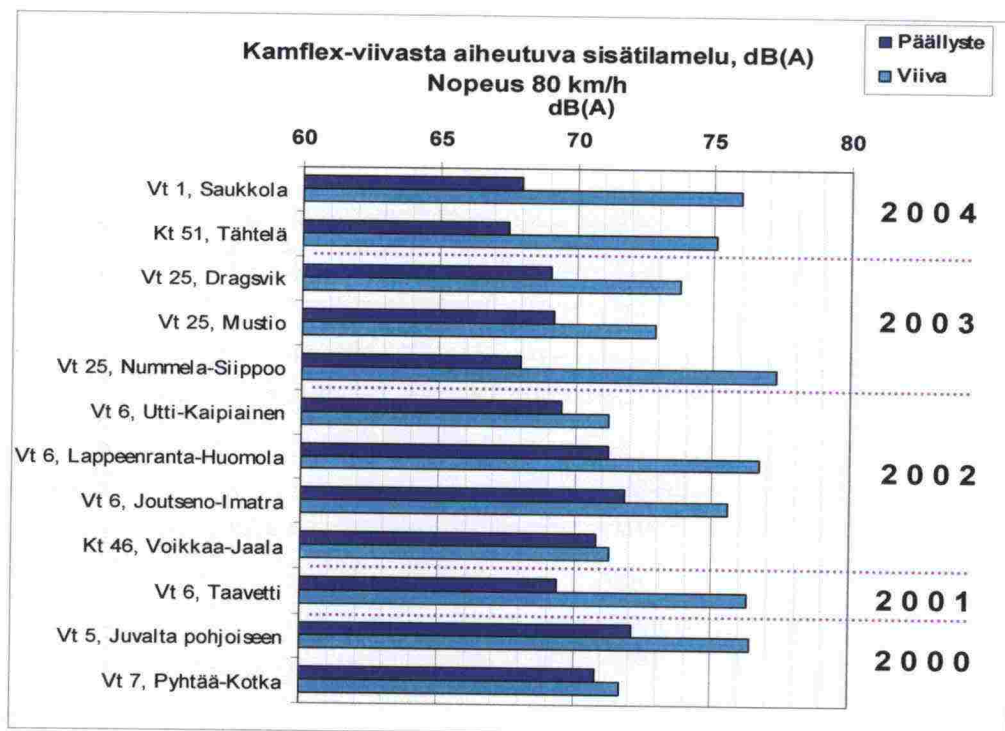


Kuva 31: Kamflex-kohteiden sisätilamelu päälysteellä ja viivalla nopeudella 70 km/h.



päällä, kun mittausnopeus oli 80 km/h. Vuonna 2001 tehtyjä Kamflex-osuuksia mitattiin tällä nopeudella kolme, joista osuus vt 6:lla Taavetissa mitattiin myös nopeudella 70 km/h. Näistä kohteista kahdesta ei saatu eroja päällysteen ja täristävän viivan välille, joten ne ovat jätetty kuvasta pois. Mitatut melutasot ovat loogisia, kun verrataan melutasoja nopeuksilla 70 ja 80 km/h; suuremmalla nopeudella melutasot ovat lähes kauttaaltaan korkeampia.

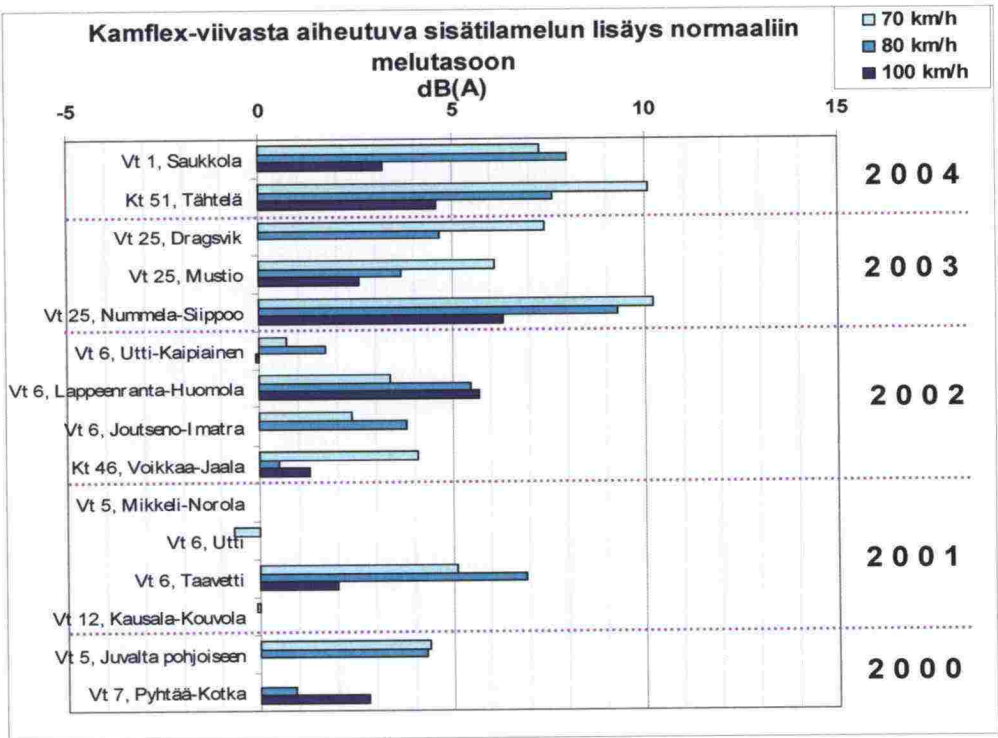
Kuvassa 33 on esitetty Kamflex-viivoista aiheutuva melutason lisäys päällysteen



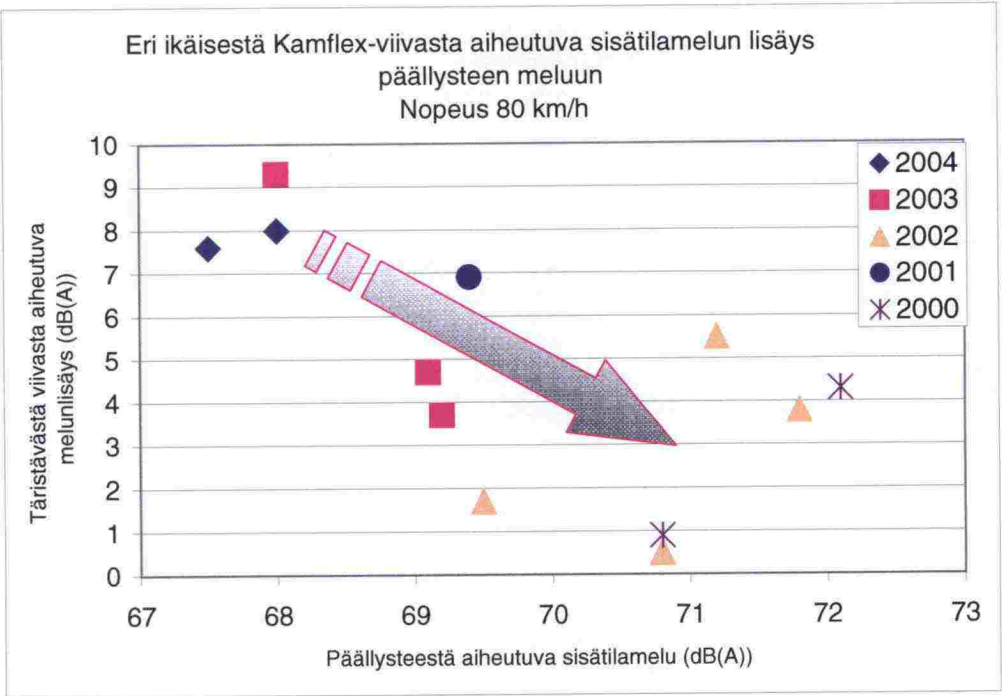
Kuva 32: Sisätilamelu Kamflex-kohteissa nopeudella 80 km/h.

melutasoon verrattuna nopeuksilla 70, 80 ja 100 km/h. Kuvasta nähdään hyvin, miten melun lisäys pienenee radikaalisti toisen talven jälkeen. Kun melueroa päällysteeseen on vuoden vanhalla Kamflex-viivalla noin 3... 10 dB, on vuotta vanhemmalla viivalla (2002) melueroa enää 1... 5 dB. Vuonna 2001 tehdystä viivoista hyvin on "säilynyt" vain osuus vt 6:lla Taavetissa. Erikoista kuvassa 32 on, että suurimman melueron aiheuttavat eri kohteissa eri nopeudet; vain kahdessa kohteessa meluero on suurin nopeudella 100 km/h. Esimerkiksi vuonna 2004 tehdyn Saukkolan kohteen viivasta aiheutuva meluero on suurin nopeudella 80 km/h ja pienin nopeudella 100 km/h.

Kuvassa 34 on esitetty eri-ikäisten Kamflex-viivojen aiheuttama melunlisäys normaalin päällysteestä aiheutuvan melun funktiona. Suureet ovat keskiarvoja kaikista mittauksista. Kuvasta voidaan päätellä, että melueron pienenemisen aiheuttaa osaltaan vanhenevan päällysteen melun kasvu. Kamflex-viivan paksuus näyttää vaikuttavan suuresti viivasta aiheutuvaan sisätilameluun: mitä paksumpaa viiva on, sen suurempi on melunlisäys. Kamflex-viivasta aiheutuvaa melunlisäystä voidaan tutkia vertailemalla erilaisten tekijöiden vaikutusta melunlisäyksen suuruuteen. Melunlisäystä voidaan tutkia esim. viivan paksuuden tai vanhenevasta päällysteestä aiheutuvan melun funktiona. Analyysissä täytyy ottaa huomioon, että päällysteen vanhenemisesta aiheutuva suurempi melu vaikuttaa myös Kamflex-viivasta aiheutuvaan melunlisäykseen.



Kuva 33: Kamflex-viivasta aiheutuva melunlisäys päällysteestä aiheutuvaan sisätilameluun.



Kuva 34: Kamflex-viivan iän vaikutus viivan aiheuttamaan sisätilamelun lisäykseen päällysteestä aiheutuvan melun funktiona. Kuvaan on lisätty trendinuoli osoittamaan täristävästä viivasta aiheutuvan melueron pienenemistä.



#### 4.1.4 Drop-On-Line -viiva valtatie 7:llä

Sisätilamelua mitattiin vain Ford Mondeolla. Drop-On-Line -viivan aiheuttama sisätilamelun kasvu oli pieni normaaliin päällysteestä aiheutuvaan sisätilameluun verrattuna (taulukko 14). Kun nopeus kasvoi 80:stä 100 km/h, meluero päällysteen ja täristävän viivan välillä pieneni hieman.

Taulukko 14: Drop-On-Line -viivan sisätilamelun tulokset; dB(A). Eroa päällysteen ja täristävän viivan välillä on noin 3 dB(A). Ajoneuvo oli Ford Mondeo.

Nopeus (km/h)	Vt 7 Loviisa	
	Päällyste	Viiva
80	68,3	71,8
100	70,4	73,3

#### 4.1.5 Muut tutkitut täristävät viivat

##### Humflex

Valtatie 5 välillä Norola-Asila ja vt 6:lla Lappeenrannan itäpuolella mitattiin Humflex- viivaa, jossa Kamflex-viivan piikit olivat jatkuvan 10 senttimetriä leveän viivan alla. Valtatie 6:n kohde oli uutta viivaa ja vt 5:llä oli vanhaa viivaa.

Tulokset on esitetty taulukossa 15. Päällysteen melu on hyvin looginen eri nopeuksilla ja eri-ikäisellä päällysteellä, kun verrataan tuloksia muiden kohteiden tuloksiin. Humflex-viiva aiheutti suurimman melutason alimmassa nopeudessa ja pienimmän suurimmassa nopeudessa vt 5:n kohteessa. Nopeusrajoitus kummassakin kohteessa oli 100 km/h, joten viivasta ei tällä nopeudella aiheudu kovin suurta melunlisäystä.

Taulukko 15: Humflex-viivan sisätilamelumittausten tulokset; dB(A).

Nopeus (km/h)	Vt 6 (2004)		Vt 5 (2002)	
	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva
70	68,9	74,3	69,4	76,3
80	69,2	73,7	71,4	75,6
100	71,2	73,9	72,9	72,9

#### Painamalla tehty täristävä keskiviiva vt 5:llä Leppävirralla

Valtatie 5 Leppävirralla mitattiin keskiviivan tuntumaan painettua täristävää viivaa. Tulokset on esitetty taulukossa 16. Täristävä viiva aiheutti nopeudessa 80 km/h suurimman sisätilamelulisäyksen, mikä oli 6 dB(A). Pienin lisäys mitattiin nopeudella 100 km/h: 1 dB(A). Ajoneuvon havaittiin resonoivan nopeudessa 80 km/h, muissa nopeuksissa resonointia ei havaittu.

Taulukko 16: Valtatie 5:llä mitatun painetun täristävän keskiviivan sisätilamelutulokset; dB(A)

Nopeus (km/h)	Vt 5 (Leppävirta)	
	Päällyste	Viiva
70	71,0	73,0
80	71,5	77,5
100	73,3	74,3



#### 4.1.6 Täristävien viivojen aiheuttaman sisätilamelun vertailu ja yhteenveto

Erilaisten täristävien viivatyyppien aiheuttaman sisätilamelun tulokset (vain Ford Mondeo) on esitetty taulukossa 17. Tulokset nopeudella 100 km/h puuttuvat joistakin kohteista, syy on kohteessa oleva 80 km/h nopeusrajoitus. Suurimman sisätilameluvaikutuksen tekivät jyrityt täristävät viivat; melueroa päällysteeseen noin 10 dB(A) ja värinävaikutus oli hyvin voimakas.

Painetuista viivoista Leppävirralla oleva täristävä keskiviiva resonoi Ford Mondeota voimakkaasti nopeudessa 80 km/h. Painetuista täristävistä viivoista voimakkaimman tuntemuksen aiheutti kt 73 Enossa oleva asfaltinlevittimellä painettu viiva.

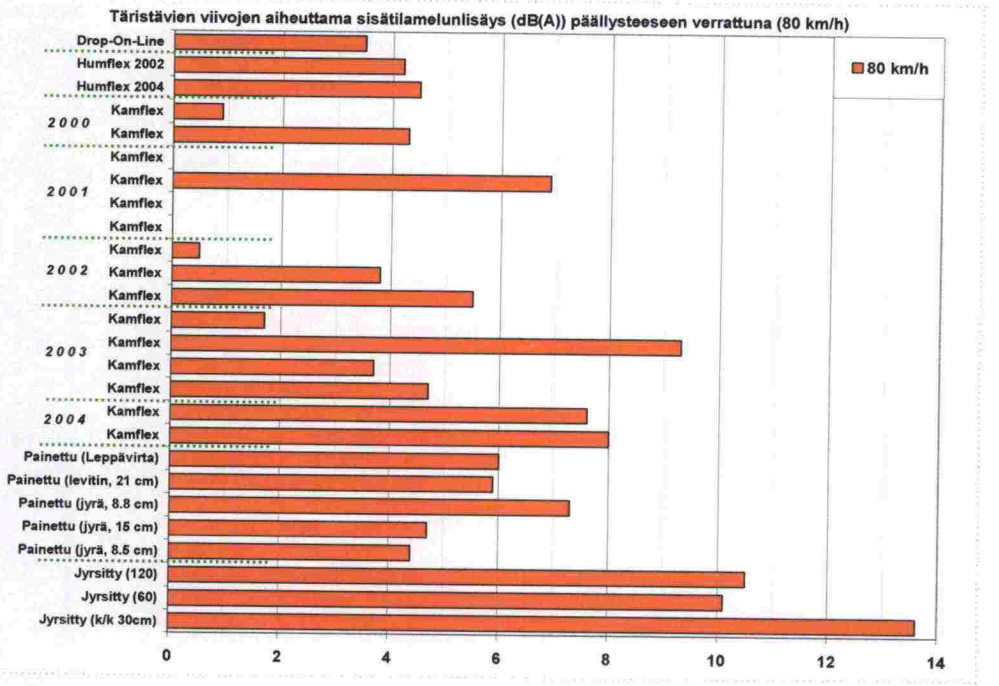
Uusi Kamflex-viiva aiheutti suuremman melun kuin painettu täristävä viiva, mutta Kamflex-viivan kulumisen vaimentaa viivasta aiheutuvaa sisätilamelua. Kolme vuotta vanhasta Kamflex-viivasta ei pääosin aiheutunut sisätilamelun lisäystä.

Humflex-viivasta aiheutui lähes samansuuruinen sisätilamelu kuin Kamflex-viivasta. Drop-On-Line -viivasta aiheutti noin 3 desibelin sisätilamelun lisäyksen päällysteeseen verrattuna, mutta talvihoidon vaikutus viivan kestävyyyteen on arvelluttava.

Kuvassa 35 on esitetty täristävien viivojen aiheuttaman sisätilamelun lisäys nopeudella 80 km/h. Lisäksi liitteessä 1 on esitetty kuva, jossa on täristävistä viivoista aiheutuva sisätilamelunlisäys päällysteeseen verrattuna. Jyrityistä täristävistä viivoista aiheutui selvästi suurin melunlisäys. Uusista Kamflex-viivoista aiheutui keskimäärin toiseksi suurin melunlisäys, mutta joitakin vanhempia Kamflex-kohteita oli säilynyt hyvin ja niistä aiheutui uutta Kamflex-viivaa vastaava melun lisäys. Nämä kohteet ovat vuonna 2003 tehty osuus vt 25:llä välillä Nummela-Siippoo sekä vuonna 2001 tehty osuus vt 6:lla Taavetissa.

Taulukko 17: Kaikkien täristävien viivojen mitatut sisätilamelut; dB(A). Suurimman sisätilamelun aiheutti jyrstetty täristävä viiva kt 51:llä nopeudella 80 km/h.

				Nopeus (km/h)						
				70		80		100		
Tyyppi	k/k (cm)	Rakennus- vuosi	Tie	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva	Muuta
Jyrsitty	30	2004	Kt 51	67.1	79.5	67.8	81.4	-	-	
Jyrsitty	60	2004	Vt 1	68.5	77.2	68.9	79.0	-	-	Keskiviiva
Jyrsitty	120	2004	Vt 1	-	-	68.9	79.4	72.1	80.9	Keskiviiva
Painettu (jyrä)	8.5	2004	Kt 55	-	-	65.9	70.3	69.8	72.9	
Painettu (jyrä)	15	2004	Kt 55	-	-	66.2	70.9	70.2	75.7	
Painettu (jyrä)	8.8	2004	Mt 140	64.0	72.9	65.0	72.3	-	-	
Painettu (levitin)	21	2004	Kt 53	65.7	72.2	66.7	72.6	69.6	76.7	Keskiviiva
Painettu (Leppävirta)	18.7	2003	Vt 5	71.0	73.0	71.5	77.5	73.3	74.3	Keskiviiva
Kamflex	10	2004	Vt 1	66.8	74.1	68.0	76.0	70.5	73.7	
Kamflex	10	2004	Kt 51	66.5	76.6	67.5	75.1	71.0	75.6	
Kamflex	10	2003	Vt 25	68.2	75.6	69.1	73.8	-	-	
Kamflex	10	2003	Vt 25	67.3	73.4	69.2	72.9	71.0	73.6	
Kamflex	10	2003	Vt 25	67.9	78.1	68.0	77.3	69.9	76.2	
Kamflex	10	2002	Vt 6	68.7	69.4	69.5	71.2	72.0	71.9	leveäkaista
Kamflex	10	2002	Vt 6	70.4	73.8	71.2	76.7	73.0	78.7	
Kamflex	10	2002	Vt 6	71.1	73.5	71.8	75.6	-	-	
Kamflex	10	2002	Kt 46	69.5	73.6	70.8	71.3	72.0	73.3	
Kamflex	10	2001	Vt 5	päälle maalattu, ei ääntä						
Kamflex	10	2001	Vt 6	70.9	70.2	päälle maalattu, ei ääntä				
Kamflex	10	2001	Vt 6	68.2	73.3	69.4	76.3	70.8	72.8	
Kamflex	10	2001	Vt 12	70.1	70.0	päälle maalattu, ei ääntä				
Kamflex	10	2000	Vt 5	70.4	74.8	72.1	76.4	-	-	
Kamflex	10	2000	Vt 7	70.0	70.0	70.8	71.7	72.6	75.4	
Humflex	10	2004	Vt 6	68.9	74.3	69.2	73.7	71.2	73.9	
Humflex	10	2002	Vt 5	69.4	76.3	71.4	75.6	72.9	72.9	
Drop-On-Line	-	2004	Vt 7	-	-	68.3	71.8	70.4	73.3	leveäkaista



Kuva 35: Täristävien viivojen nopeudessa 80 km/h aiheuttama sisätilamelun lisäys päällysteeseen verrattuna. Jyrstetyt täristävät viivat aiheuttavat suurimman melunlisäyksen.

### 4.3 Ohiajomelu

#### 4.3.1 Jyrsityt täristävät viivat

Ohiajomelun mittaussnopeudet olivat 70, 80 ja 90 km/h osuuksilla, joilla täristävät viivat olivat 30 ja 60 cm välein sekä 80, 90 ja 100 km/h osuudella, jolla oli 120 cm väli. Mittaussnopeuksien erot johtuvat osuuksilla olevista eri nopeusrajoituksista (30 ja 60 cm osuuksilla 80 km/h sekä 120 cm osuudella 100 km/h). Mittaussnopeuksia 80 ja 90 km/h käytettiin kaikilla osuuksilla ja näiden nopeuksien melua voidaan verrata toisiinsa. Rinnakkaismittauksia päällysteellä sekä täristävällä viivalla tehtiin vähintään kolme kullakin nopeudella, jokaisella ajoneuvolla ja osuudella. Yhteensä mittauksia tehtiin 54. Tuloksissa ilmoitetaan kolmesta mittaustuloksesta suurin arvo, jonka ajateltiin olevan ”onnistunut ohiajo”, eli ajoneuvon renkaat ovat olleet ohituksen aikana kokonaan täristävän viivan päällä. Tähän päädyttiin myös, koska menetelmällä mitataan ohiajosta syntyvää maksimimelua.

#### Henkilöautot

Henkilöautoista aiheutuvat ohiajomelut eri nopeuksilla ovat loogisia; mitä suurempi ajonopeus sitä kovempi melu siitä aiheutuu (taulukko 18). Päällysteiden ero kt 51:llä ja vt 1:llä on selkeästi huomattavissa; uudempi päällyste on hiljaisempi kuin vanha.

Henkilöautojen ohiajosta aiheutuva melu oli selvästi suurin 30 cm välin täristävällä viivalla (taulukot 18 ja 19). Ford Mondeon kori alkoi resonoida nopeudella 80 km/h ja viivan päällä oli todella vaikea ajaa. Täristävä viiva 30 cm välillä on meluisin myös Nissan Primeran ohiajossa. Täristävistä viivoista vt 1:llä 120 cm välin viiva on 60 cm väliä meluisampi; Ford Mondeolla ero on selkeämpi kuin Nissan Primeralla.

Taulukko 18: Ford Mondeon ohiajosta aiheutuva melu; dB(A)

Nopeus (km/h)	Kt 51		Vt 1 Näkkilä		Vt 1 Koisjärvi	
	Päällyste	Viiva (30 cm)	Päällyste	Viiva (60 cm)	Päällyste	Viiva (120 cm)
70	78,5	86,8	80,9	83,1	-	-
80	79,9	97,4	83,5	89,8	82,8	91,3
90	-	-	84,9	89,3	84,3	92,6
100	-	-	-	-	86,0	94,0

Taulukko 19: Nissan Primeran ohiajosta aiheutuva melu; dB(A). Mittauksessa kt 51:llä (taulukossa \*) autosta hajosivat jarrut, eikä mittauksia voitu suorittaa 70 km/h nopeudella.

Nopeus (km/h)	Kt 51		Vt 1 Näkkilä		Vt 1 Koisjärvi	
	Päällyste	Viiva (30 cm)	Päällyste	Viiva (60 cm)	Päällyste	Viiva (120 cm)
70	77,7	*	81,3	82,5	-	-
80	79,1	92,8	83,1	87,4	83,6	88,7
90	-	-	85,4	90,0	84,8	90,1
100	-	-	-	-	86,3	92,3



## Kuorma-auto

Kuorma-auton ohiajomelua mitattiin vain nopeudella 80 km/h. Melutulokset ovat hyvin samankaltaisia, kuin henkilöautojen melutulokset (taulukko 20). Täristävistä viivoista meluisin oli, kuten henkilöautoilla, 30 cm välillä oleva viiva. Kun kuorma-auto ajoi 30 cm:n täristävällä viivalla, melu kuului selvästi, vaikka kuorma-auto oli kaukana mittauspaikasta. Muilla jyrksityillä viivoilla oli vaikea kuulla ajoiko kuorma-auto täristävällä viivalla vai ei, joten päätettiin, ettei ole tarvetta mitata kuorma-autolla muita täristäviä viivoja.

Taulukko 20: Kuorma-auton ohiajosta aiheutuva melu

Nopeus (km/h)	Kt 51		Vt 1 Näkkilä		Vt 1 Koisjärvi	
	Päällyste	Viiva (30 cm)	Päällyste	Viiva (60 cm)	Päällyste	Viiva (120 cm)
80	83,2	95,1	84,9	88,5	85,1	89,8

## Moottoripyörä

Moottoripyörän ohiajomelua mitattiin kt 51:llä nopeudella 80 km/h. Päällysteen urassa saatiin meluksi 78,4 ja täristävällä viivalla 80,4 dB. Koska moottoripyörästä aiheutuva ohiajomelu on pieni verrattuna autoista aiheutuvaan meluun, päätettiin, ettei moottoripyörän ohiajomelua mitata vt 1:llä, eikä muillakaan täristävillä viivoilla.

### 4.3.2 Painamalla tehdyt täristävät viivat

Asfalttijyrällä painamalla tehtyjen täristävien viivojen ohiajomelua mitattiin 24.8.2004. Ilmanlämpötila oli noin 11 °C ja keli oli kuulas. Ohiajomelua mitattiin Ford Mondeolla (taulukko 21) ja Nissan Primeralla (taulukko 22).

Kantatiellä Mäntsälän päässä oleva täristävä viiva oli huomattavasti hiljaisempi kuin Porvoon päässä ja mt 140:lla sijaitsevat täristävät viivat. Kantatien 55 Porvoon pään ja mt 140:n täristävien viivojen ohiajomelun ero päällysteeseen on lähes samansuuruinen. Koska ohiajomelua mitattiin vain yhdestä paikasta, ei täristävien viivojen laadullinen vaihtelu osuuden eri kohdissa tule tuloksissa näkyviin niin hyvin kuin se tulee sisätilamelun mittaustuloksissa.

Kantatiellä 55 Mäntsälän päässä täristävän viivan aiheuttama meluero päällysteeseen on molemmilla ajoneuvoilla noin 2...3 dB(A). Kantatiellä 55 Porvoon päässä ja maantiellä 140 täristävien viivojen aiheuttama meluero päällysteeseen on noin 10 dB(A).

Kantatiellä 73 Enossa asfaltinlevittimellä tehdyn täristävän keskiviivan ohiajomelumittaukset suoritettiin 3.10.2004. Ilman lämpötila oli +7 °C ja keli oli pilvinen. Mittaukset suoritettiin vain Ford Mondeolla. Mitatut ohiajomelut ovat samansuuruisia kuin asfalttijyrällä tehdyn täristävän viivan ohiajomelu osuuksilla kt 55 Porvoo ja mt 140 Tuusula.

Taulukko 21: Suurimmat mitatut ohiajomelut Ford Mondeolla; dB(A). Osuus kt 73:lla Enossa on tehty asfaltinlevittimellä, muut asfalttijyrällä.

	Kt 55 Mäntsälä		Kt 55 Porvoo		Mt 140 Tuusula		Kt 73 Eno	
Nopeus (km/h)	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva
70	76,8	80,3	79,3	88,9	76,8	86,8	78,6	86,5
80	80,2	83,8	81,3	90,8	77,8	87,9	80,2	89,5
100	-	-	-	-	-	-	82,3	91,2

Taulukko 22: Mitattu ohiajomelu Nissan Primeralla; dB(A). Taulukon kaikki osuudet ovat tehty asfalttijyrällä.

	Kt 55 Mäntsälä		Kt 55 Porvoo		Mt 140 Tuusula	
Nopeus (km/h)	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva
70	76,4	78,2	78,4	84,4	75,5	84,5
80	78,8	84,7	80,7	85,8	77,2	85,1
100	-	-	-	-	-	-

#### 4.3.3 Kamflex – täristävä viiva

Kamflex-viivasta aiheutuvaa ohiajomelua mitattiin samoina ajankohtina kuin sisätilamelua. Vuonna 2004 tehtyjen kahden Kamflex-viivakohteen ohiajomelun tulokset ovat hyvinkin samanlaisia, melunlisäys normaaliin päällysteeseen on noin 3 desibeliä (taulukko 23 ja kuvat 36-38). Vuonna 2003 tehdyistä Kamflex-kohteista vt 25:llä välillä Nummela-Siippoo aiheutui suurin ohiajomelu; 90,7 desibeliä ja meluero päällysteeseen oli noin 7 dB(A). Viiva oli yksi paksuimmista mitatuista viivoista.

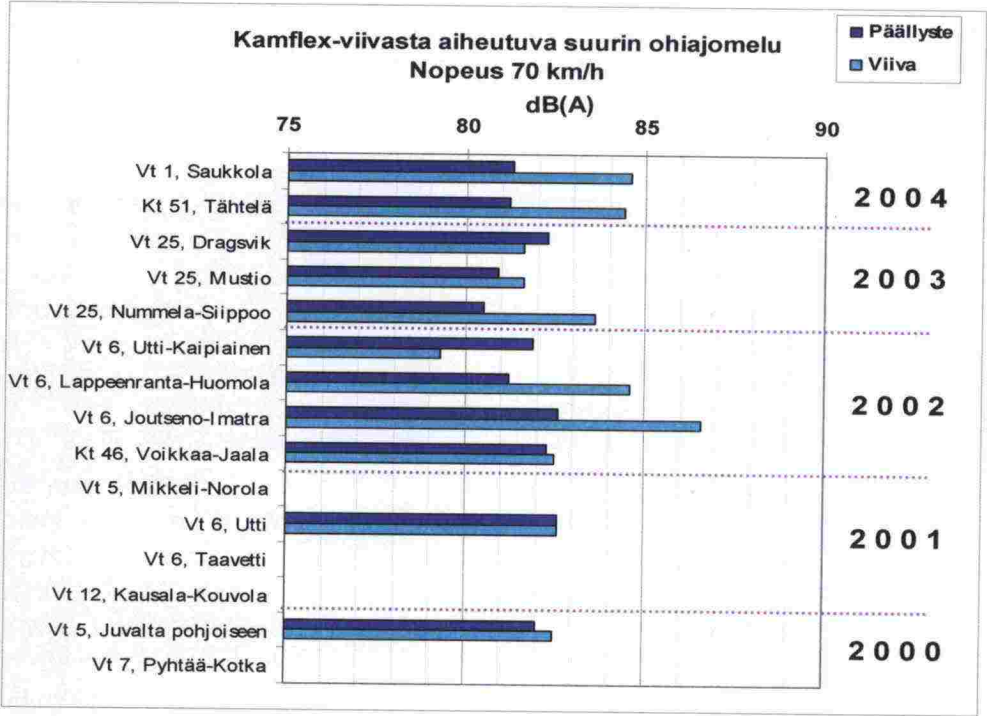
Kamflex-viivasta aiheutuva ohiajomelun suuruus vaihteli paljon. Vuonna 2002 tehtyjen vt 6:lla olevien kohteiden meluisin oli osuus välillä Joutseno-Imatra, mikä oli noin 2 desibeliä meluisampi kuin toiseksi meluisin osuus, eli Lappeenranta-Huomola. Erikoista on huomata, että osuus Lappeenranta-Huomola on nopeudessa 100 km/h meluisampi kuin uudet Kamflex-viivat. Vaikka viiva kt 46:lla oli hyvässä kunnossa, aiheutti se hyvin marginaalisen melunlisäyksen: alle 1 dB(A).

Vuonna 2001 tehtyjen Kamflex-osuuksien päälle oli maalattu uusi, tavallinen reunaviiva. Ohiajomelua mitattiin viivan laadun suhteen keskimääräisistä paikoista. Tuloksissa päällysteen ja täristävän viivan ohiajomelussa ei havaittu olevan eroa. Esimerkkinä taulukossa 23 on vt 6:lla Utissa olevan kohteen nopeudella 70 km/h mitattu ohiajomelutulos, joka on päällysteelle ja viivalle sama. Vuonna 2000 tehdyn vt 5:llä olevan kohteen ohiajomelua nopeudella 100 km/h ei mitattu hyvin kapeasta pientareesta johtuvan onnettomuusriskin vuoksi. Kohteen valtatie 7 välillä Pyhtää-Kotka Kamflex-viivan päälle oli maalattu uusi viiva, eikä viivasta lähtenyt vanhaan päällysteeseen verrattuna ääntä.



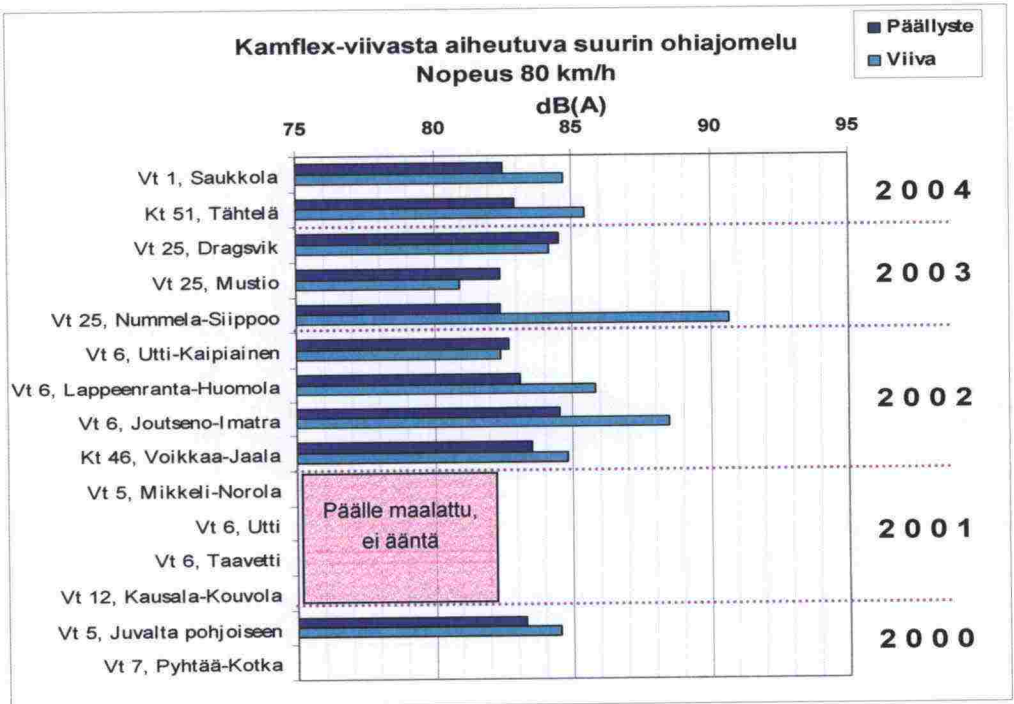
Taulukko 23: Kamflex-kohteista mitatut ohiajomelutulokset; dB(A).

			Nopeus (km/h)					
			70		80		100	
Vuosi	Tie	Paikka	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva
2004	Vt 1	Saukkola	81,3	84,6	82,5	84,7	85,4	87,2
2004	Kt 51	Tahtela	81,2	84,4	82,9	85,5	85,2	89,0
2003	Vt 25	Dragsvik	82,3	81,6	84,5	84,2	-	-
2003	Vt 25	Mustio	80,9	81,6	82,4	80,9	-	-
2003	Vt 25	Nummela-Siippoo	80,5	83,6	82,4	90,7	-	-
2002	Vt 6	Utti-Kaipainen	81,9	79,3	82,7	82,4	85,2	85,0
2002	Vt 6	Lappeenranta-Huomola	81,2	84,6	83,1	85,8	85,8	90,2
2002	Vt 6	Joutseno-Imatra	82,6	86,6	84,5	88,5	-	-
2002	Kt 46	Voikkaa-Jaala	82,3	82,5	83,5	84,8	86,9	86,7
2001	Vt 5	Mikkeli-Norola	Päälle maalattu, ei ääntä					
2001	Vt 6	Utti	82,6	82,6	Päälle maalattu, ei ääntä			
2001	Vt 6	Taavetti	Päälle maalattu, ei ääntä					
2001	Vt 12	Kausala-Kouvola	Päälle maalattu, ei ääntä					
2000	Vt 5	Juvalta pohjoiseen	82,0	82,5	83,3	84,5	-	-
2000	Vt 7	Pyhtää-Kotka	Päälle maalattu, ei mittauspaikkoja					

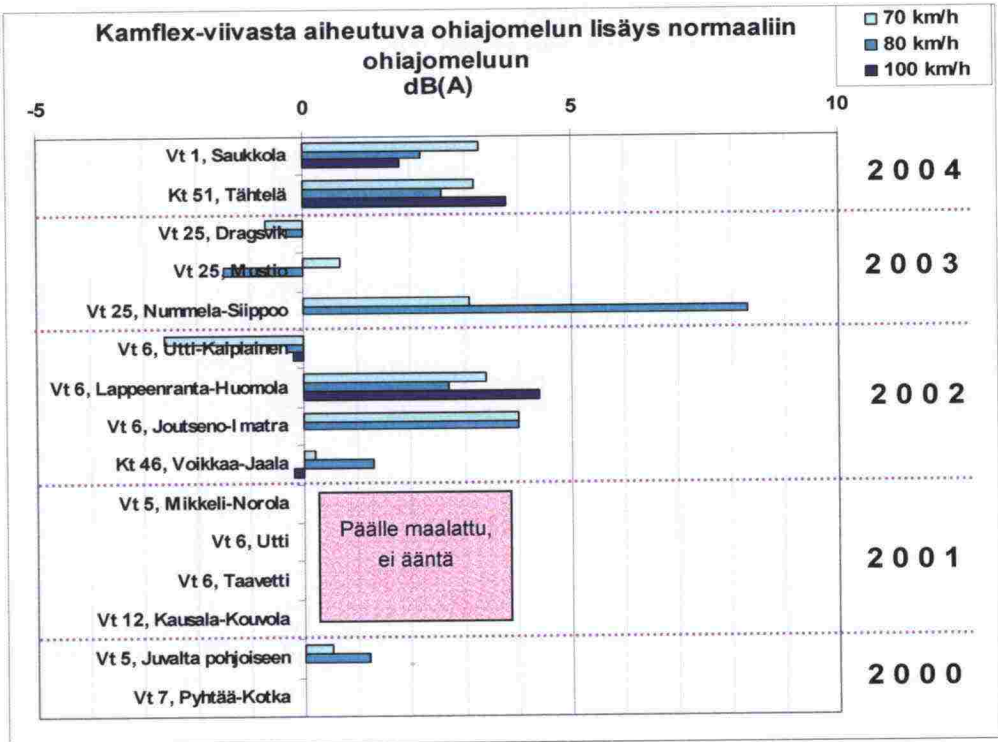


Kuva 36: Kamflex-kohteissa mitatut suurimat ohiajomelut 70 km/h nopeudella. Kohteet, joista arvot puuttuvat eivät aiheuttaneet melunlisäystä normaaliin päällysteeseen verrattuina.





Kuva 37: Kamflex-kohteissa mitatut suurimmat ohiajomelut 80 km/h nopeudella. Kohteet, joista arvot puuttuvat eivät aiheuttaneet melunlisäystä normaaliin päällysteeseen verrattuina.



Kuva 38: Kamflex-viivasta aiheutuva ohiajomelun lisäys. Negatiiviset meluarvot selittyvät ainakin osittain tien urautuneisuudella; päällysteen pinta on tasaisempaa ajettaessa täristävällä viivalla!

#### 4.3.4 Drop-On-Line -viiva valtatie 7:llä

Drop-On-Line -viivasta aiheutuvaa ohiajomelua mitattiin Ford Mondeolla ja Nissan Primeralla (taulukko 24). Mittausten aikana ilman lämpötila oli noin +11 °C ja keli oli kuulas. Päällyste oli ylivuotista, mutta leveän kaistan ansiosta vain vähän urautunutta. Ford Mondeolla viivasta aiheutuva ohiajomelun lisäys on noin 1...2 dB(A) ja Nissan Primeralla noin 2...4 dB(A).

Taulukko 24: Drop-On-Line -viivasta aiheutuva ohiajomelu; dB(A). Ajoneuvona oli Ford Mondeo.

Vt 7 Loviisa, Drop-On-Line				
Ford Mondeo		Nissan Primera		
Nopeus (km/h)	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva
70	81.6	82.6	82.3	86.4
80	83.3	84.4	83.3	85.5
100	86.2	88.3	86.6	89.7

#### 7.3.5 Muut tutkitut täristävät viivat

##### Humflex

Valtatie 5 välillä Norola-Asila ja vt 6:lla Lappeenrannan itäpuolella olevista Humflex- viivasta mitattiin vain osuus vt 5:llä. Osuutta vt 6:lla ei voitu mitata, syynä oli osuuden leveä sisäluiska, joka aiheutti sen, ettei melumittaria voitu sijoittaa 1,2 metrin korkeuteen seitsemän ja puolen metrin etäisyydelle auton keskilinjasta. Mittaukset suoritettiin vain Ford Mondeolla. Mittauksissa (4.10.2004) keli oli pilvinen ja ilman lämpötila + 10 °C. Päällyste oli vanhaa ja varsin urautunutta. Viivasta aiheutuvaa melueroa päällysteen meluun on noin 2...4 dB(A).

Taulukko 25: Humflex-viivan ohiajomelumittausten tulokset; dB(A). Viivan osuuksista voitiin mitata vain valtatie 5:llä oleva osuus.

Vt 5		
Nopeus (km/h)	Päällyste	Viiva
70	81.7	83.5
80	83.2	87.3
100	85.6	88.9

##### Valtatie 5:n täristävä keskiviiva

Valtatie 5:llä Leppävirralla keskiviivalle painettua täristävää viivaa mitattiin Ford Mondeolla. Mittaukset suoritettiin 3.10.2004. Keli oli pilvipoutainen ja ilman lämpötila oli +6 °C. Päällysteeltä mitatut suurimmat ohiajomelut ovat loogisia; melu kovenee nopeuden kasvaessa (taulukko 26). Täristävällä viivalla ajettaessa oli havaittavissa resonointia nopeuksissa 70 ja 80 km/h. Viivasta aiheutuva ohiajomelunlisäys on noin 3...7 dB(A).

Taulukko 26: Valtatie 5:llä Leppävirralla sijaitsevan täristävän keskiviivan ohiajomelumittauksen tulokset; dB(A).

Nopeus (km/h)	Vt 5 (Leppävirta)	
	Päällyste	Viiva
70	81,9	87,7
80	83,3	90,1
100	87,0	90,2

#### 4.3.6 Täristävien viivojen aiheuttaman ohiajomelun vertailu ja yhteenveto

Kaikkien mitattujen täristävien viivojen ohiajomelutulokset on esitetty taulukossa 27. Joissakin kohteissa oli 80 km/h nopeusrajoitus, joten 100 km/h mittausnopeutta ei voitu tutkia.

Ylivoimaisesti suurimman ohiajomelun aiheutti jyrskitty viiva k/k-välillä 30 cm kt 51:llä: 97,4 dB(A), mikä on noin 17 dB päällysteen ohiajomelua suurempi. Muilla jyrskityillä viivoilla eroa päällysteeseen oli noin 3...8 dB(A).

Jyrällä painettujen viivojen keskinäinen meluero ei ollut suuri, kaikki muut paitsi kt 55 Mäntsälässä oleva viiva tuottavat 80 km/h:n nopeudella noin 6...10 dB(A) eron päällysteeseen (kuva 39). Kantatie 55 Mäntsälässä olevan painetun viivan ero päällysteeseen oli noin 4 dB(A). Mahdollinen syy tulosten erilaisuuteen on Mäntsälän kohteen matala painantajälki. Ohiajomittauksen paikkaa vaihdettiin kahdesti, mutta mittauspaikkojen todettiin viivan syvyyden suhteen edustavan kohteen viivojen keskimääräistä syvyyttä.

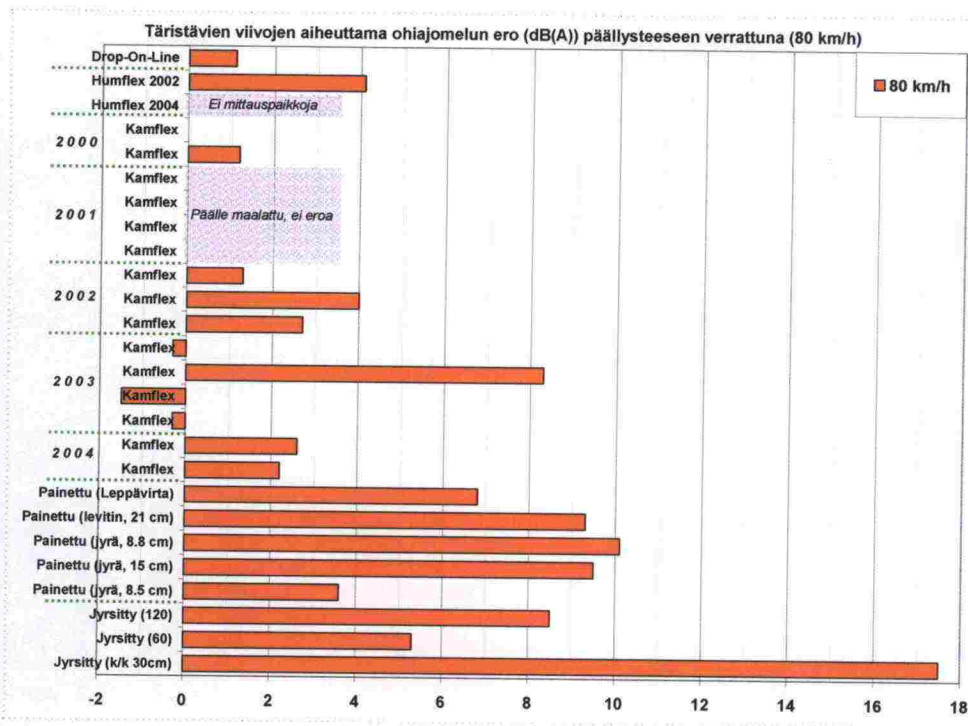
Kamflex-viiva aiheuttaa keskimäärin 2...4 dB(A):n melunlisäyksen päällysteen meluun verrattuna; mitä kuluneempi Kamflex-viiva on sitä vähemmän viiva lisää ohiajomelua. Drop-On-Line – viiva aiheuttaa vain noin 1...2 dB(A):n melunlisäyksen.

Olisi hyvä, jos täristävästä viivasta aiheutuisi mahdollisimman vähän melua ympäristöön. Hyvän täristävän viivan taas tulisi aiheuttaa kohtalaisen voimakas sisätilamelun lisäys, jotta viivalle ajava kuljettava havahtuisi.



Taulukko 27: Kaikkien tutkittujen kohteiden ohiajomelutulokset; dB(A)

				Nopeus (km/h)						
				70		80		100		
Tyyppi	k/k (cm)	Rakennus uosi	Tie	Päällyste	Raita	Päällyste	Raita	Päällyste	Raita	Muuta
Jyrsitty	30	2004	Kt 51	78.5	86.8	79.9	97.4	-	-	
Jyrsitty	60	2004	Vt 1	80.9	83.1	83.5	88.8	-	-	Keskiviiva
Jyrsitty	120	2004	Vt 1	-	-	82.8	91.3	86.0	94.0	Keskiviiva
Painettu (jyrä)	8.5	2004	Kt 55	76.8	80.3	80.2	83.8	-	-	
Painettu (jyrä)	15	2004	Kt 55	79.3	88.9	81.3	90.8	-	-	
Painettu (jyrä)	8.8	2004	Mt 140	76.8	86.8	77.8	87.9	-	-	
Painettu (levitin)	21	2004	Kt 53	78.6	86.5	80.2	89.5	82.3	91.2	Keskiviiva
Painettu (Leppävirta)	18.7	2003	Vt 5	81.9	87.7	83.3	90.1	87.0	90.2	Keskiviiva
Kamflex	10	2004	Vt 1	81.3	84.6	82.5	84.7	85.4	87.2	
Kamflex	10	2004	Kt 51	81.2	84.4	82.9	85.5	85.2	89.0	
Kamflex	10	2003	Vt 25	82.3	81.6	84.5	84.2	-	-	
Kamflex	10	2003	Vt 25	80.9	81.6	82.4	80.9	-	-	
Kamflex	10	2003	Vt 25	80.5	83.6	82.4	90.7	-	-	
Kamflex	10	2002	Vt 6	81.9	79.3	82.7	82.4	85.2	85.0	Leveäkaista
Kamflex	10	2002	Vt 6	81.2	84.6	83.1	85.8	85.8	90.2	
Kamflex	10	2002	Vt 6	82.6	86.6	84.5	88.5	-	-	
Kamflex	10	2002	Kt 46	82.3	82.5	83.5	84.8	86.9	86.7	
Kamflex	10	2001	Vt 5	Päälle maalattu, ei ääntä						
Kamflex	10	2001	Vt 6	82.6	82.6	Päälle maalattu, ei ääntä				
Kamflex	10	2001	Vt 6	Päälle maalattu, ei ääntä						
Kamflex	10	2001	Vt 12	Päälle maalattu, ei ääntä						
Kamflex	10	2000	Vt 5	82.0	82.5	83.3	84.5	-	-	
Kamflex	10	2000	Vt 7	Päälle maalattu, ei ääntä						
Humflex	10	2004	Vt 6	Ei mittauspaikkoja						
Humflex	10	2002	Vt 5	81.7	83.5	83.2	87.3	85.6	88.9	
Drop-On-Line	-	2004	Vt 7	81.6	82.6	83.3	84.4	86.2	88.3	Leveäkaista



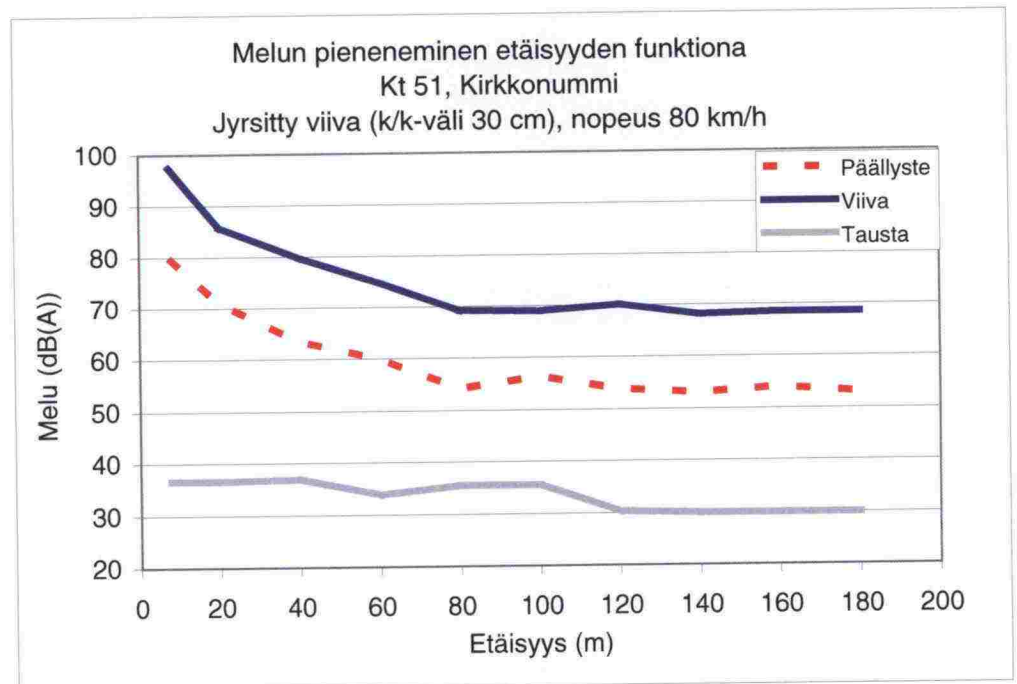
Kuva 39: Täristävien viivojen ohiajomelun ero päällysteen ohiajomeluun verrattuna (dB(A)). Kuvassa ovat vain tulokset nopeudella 80 km/h. Vuonna 2003 tehtyjen kolmen kohteen meluero päällysteeseen on negatiivinen, mikä johtuu tien urien pinnan karkeudesta.

#### 4.4 Etäisyyden vaikutus meluun

##### 4.4.1 Jyrsityt täristävät viivat

Jyrsittyjen täristävien viivojen aiheuttaman melun etäisyysvaikutusta tutkittiin vain yhdessä kohteessa eli kt 51:llä olevalla viivalla (k/k-väli 30 cm). Mittaukset suoritettiin yöllä 28.-29.10.2004 kelin ollessa kuiva ja ilmanlämpötila noin -1 °C. Mittauspaikkana oli puitu viljapelto, joka oli illalla jäähtynyt. Mittauspaikka oli noin 3 km Kirkkonummelta Hankoon päin.

Kohteen taustamelu oli hyvin matala ja havaittiin melumittarin mittauksen alarajana olevan 30 dB(A). Ohiajosta aiheutuva melu pienenee nopeasti niin päällysteellä kuin viivalla ajettaessa (kuva 40). Melutasot eivät merkittävästi muutu 80 metristä eteenpäin, jossa päällysteestä aiheutuvaksi melutasoksi tulee noin 55 dB(A) ja viivasta noin 70 dB(A). Meluero viivan ja päällysteen välillä säilyy kutakuinkin samana kaikilla etäisyyksillä, eikä ero ala tasoittua millään etäisyydellä. Viivan ja päällysteen ero vaihtelee 12...17 dB(A).



Kuva 40: Jyrsityn täristävän viivan ohiajomelu etäisyyden funktiona.

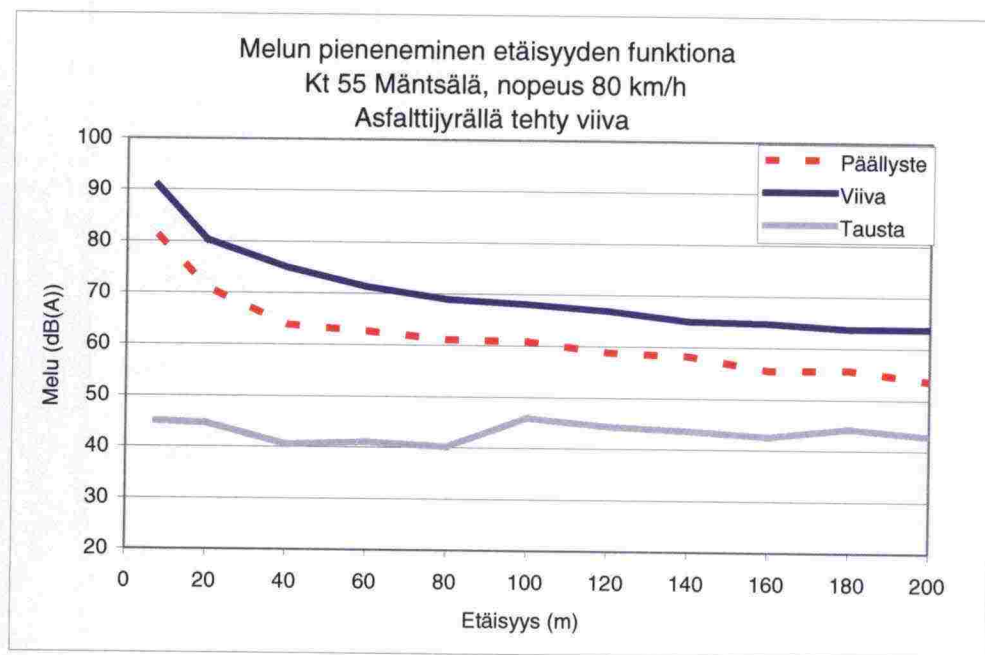
#### 4.4.2 Painamalla tehdyt täristävät viivat

Asfalttitiyrällä painettuja täristäviä viivoja mitattiin kolmessa kohteessa: Kantatiellä 55 Mäntsälässä ja Porvoossa sekä mt 140 Tuusulassa. Mittaukset suoritettiin 9.9.2004 kelin ollessa pilvipoutainen ja ilman lämpötilan +11 °C.

Mäntsälän kohde mitattiin poikkikadulla (maavaimennus asfaltista), kaksi kilometriä mt 140:n liittymästä. Valtatie 4:n melu vaikuttaa selvästi taustameluun (kuva 41). Asfaltin ja täristävän viivan meluero säilyy, vaikka etäisyys kasvaa. Eroa on noin 8...10 dB.

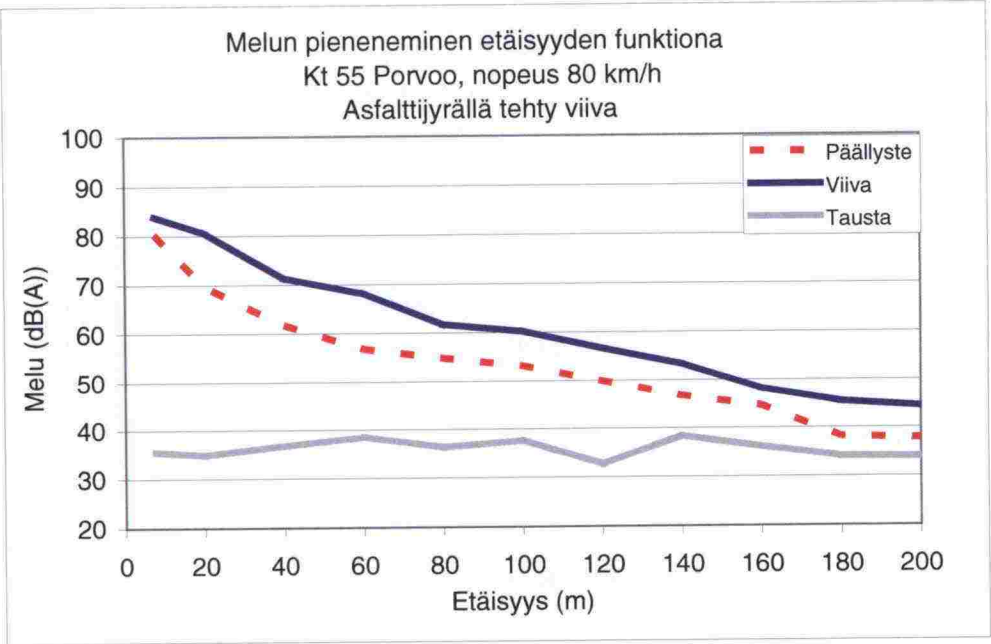
Porvoon kohde mitattiin pellolla, josta vilja oli puitu, mutta joka ei ollut jäässä kuten mittauksissa kt 51:llä. Keskimääräinen taustamelu on noin 35 dB (kuva 42). Ohiajosta aiheutuva melu niin päällysteellä kuin viivalla vaimenee voimakkaasti; 200 metrin päässä se oli noin 38 (päällyste) ja 45 dB(A) (viiva).

Kuvassa 43 ovat mt 140 Tuusulassa mitatut melutulokset. Mittauspaikka oli Keravan nuorisovankilan pohjoispuolella kulkeva peltotie. Pellolla oli vilja mittauksia suoritettaessa, joten maavaimennus on muita kohteita voimakkaampi. Valtatie 4 kulkee mittauspaikasta noin 400 metrin päässä, minkä vuoksi taustamelu oli keskimäärin 60 dB(A). Niin päällysteellä kuin viivalla ajamisesta aiheutuva ohiajomelu vaimenee voimakkaasti etäisyyden kasvaessa ja noin 100 metrin etäisyydellä meluarvot ovat käytännössä katsoen samat kuin kohteessa vallitseva taustamelu.

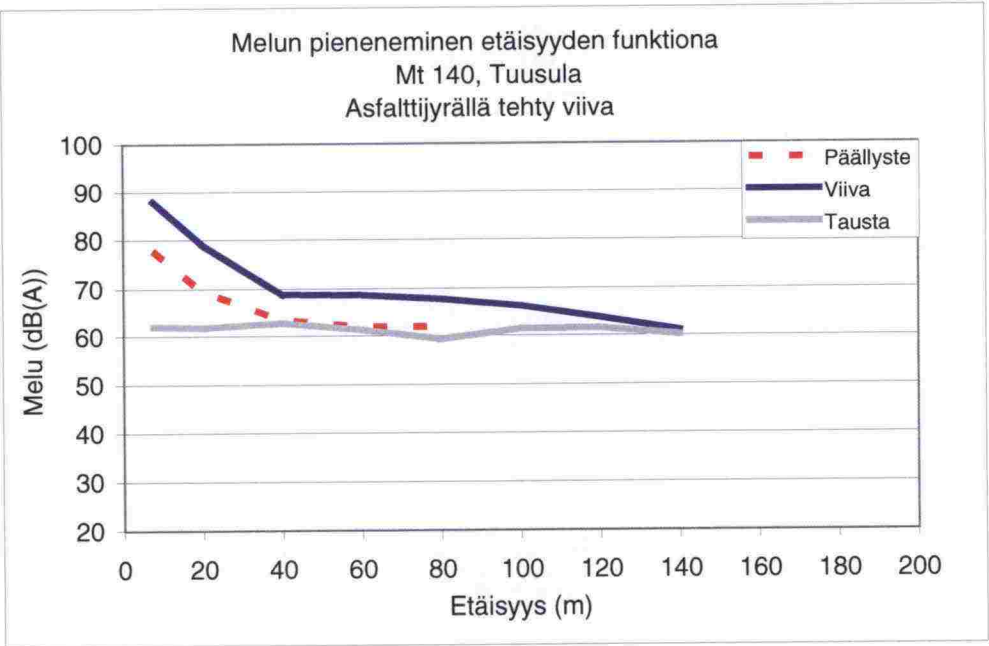


Kuva 41: Melun vaimeneminen etäisyyden funktiona kt 55:llä Mäntsälässä.





Kuva 42: Melun vaimeneminen etäisyyden funktiona kt 55:llä Porvoossa.



Kuva 43: Melun vaimeneminen etäisyyden funktiona mt 140:llä Tuusulassa. Valtatie 4 vaikutti taustameluun hyvinkin merkittävästi ja 80 metrin etäisyydellä päälysteellä ohiaujan auton ääni käytännössä hävisi taustameluun.

#### 4.5 Melumittaukset nastallisilla talvirenkailla

Nastallisilla talvirenkailla suoritettiin sisätila- ja ohiajomelumittauksia kolmella täristävällä viivalla. Kaksi kohdetta oli vt 1:llä; toinen oli jyrstetty täristävä viiva 60 cm k/k-välillä ja toinen oli vuonna 2004 tehty Kamflex-viiva. Kolmas kohde oli jyrstetty täristävä viiva 30 cm k/k-välillä kt 51:llä Pickalassa. Kaikissa kohteissa päällyste oli tehty kesällä 2004.

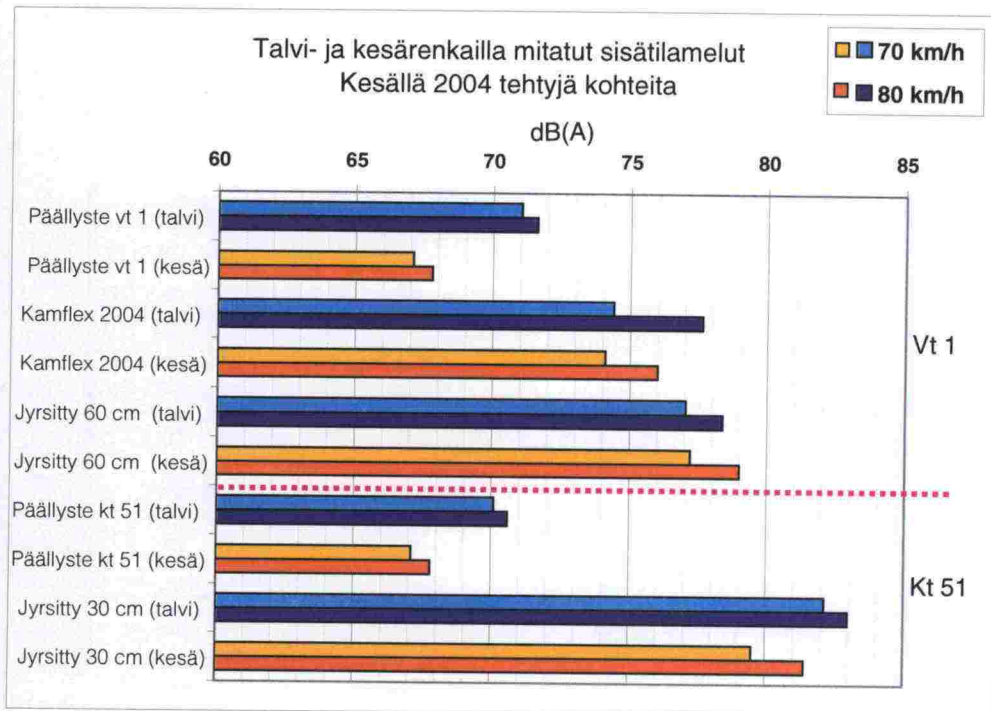
Ajoneuvo oli mittauksissa sama kuin kesärenkailla suoritetuissa mittauksissa, eli Ford Mondeo. Talvirenkaat olivat neljä talvea ajatut nastalliset Nokian Hakkapeliitta II 195/65-15-MS. Renkaiden nastoista oli noin 95 % tallella.

#### Sisätilamelun tulokset

Talvirenkailla saadut sisätilameluarvot ovat hyvin samansuuruisia, mitä saatiin kesärenkailla (taulukko 28 ja kuva 44). Talvirenkaiden melutaso on vain päällysteellä ajettaessa 3-4 dB(A) korkeampi kuin kesärenkaiden melutaso.

Taulukko 28: Sisätilamelu talvirenkailla; dB(A).

	Vt1 Saukkola		Vt 1 Saukkola		Kt 51 Pickala	
	Kamflex 2004		Jyrstetty, k/k-väli 60 cm		Jyrstetty, k/k-väli 30 cm	
Nopeus (km/h)	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva
70	71,0	74,4	71,0	77,0	70,1	82,1
80	71,6	77,6	71,6	78,4	58,0	83,0
100	73,4	77,5	73,4	82,9	-	-



Kuva 44: Talvi- ja kesärenkailla mitatut sisätilamelutulokset. Käytännössä talvirenkaat meluavat vain pelkällä päällysteellä enemmän kuin kesärenkaat. Kuvasta puuttuu nopeus 100 km/h, koska sillä nopeudella oli vain vähän mittaustuloksia.

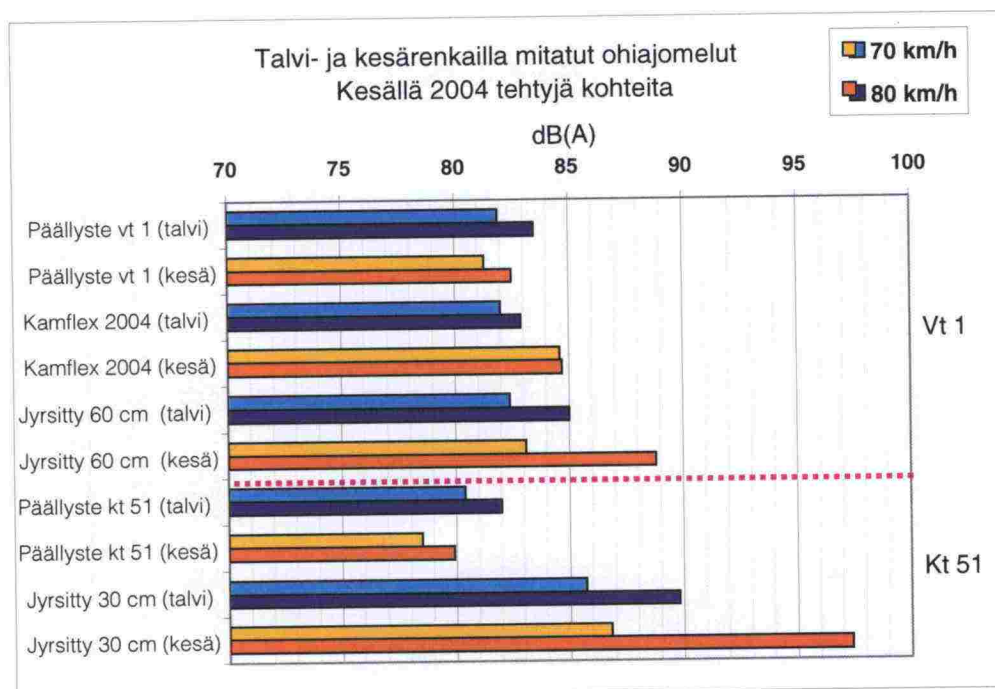
## Ohiajomelutulokset

Taulukossa 29 on esitetty talvirenkailla mitatut ohiajomelutulokset. Kamflex-viivalla ohiajomelu on samansuuruinen niin päällysteellä kuin viivan päällä ajettaessa, kun nopeudet ovat 70 ja 80 km/h. Nopeudessa 100 km/h viiva on noin 2 dB(A) meluisampaa kuin päällyste. Valtatiellä 1 Saukkolassa oleva 60 cm k/k-välin jyrityn viivan meluero päällysteeseen kasvaa nopeuden kasvaessa: Eroa ei käytännössä 70 km/h:n nopeudella ole ja 100 km/h:n nopeudella eroa on noin 5 dB(A). Kantatiellä 51 Pickalassa päällyste on hieman vt 1:n päällystettä hiljaisempaa. Jyrityn viiva 30 cm k/k-välillä on talvirenkailla tutkituista kohteista meluisin. Nopeudessa 80 km/h eroa päällysteeseen on noin 8 dB(A).

Talvi- ja kesärenkailla saadut ohiajomelutulokset nopeuksilla 70 ja 80 km/h ovat esitetty kuvassa 45. Talvirenkailla saadut ohiajomelutulokset ovat päällysteellä kesärenkaita suurempia; eroa on noin 1...2 dB(A). Kaikki tutkitut täristävät viivat ovat talvirenkailla hiljaisempia kuin kesärenkailla. Nopeudella 80 km/h Kamflex-viivalla talvirenkaat ovat noin 2, 60 cm k/k-välillä jyrityllä viivalla noin 4 ja 30 cm k/k-välillä jyrityllä viivalla jopa 7 desibeliä hiljaisemmat. Nastat aiheuttavat enemmän melua päällysteellä kuin viivalla, jossa talvirengas on hiljaisempi renkaan rakenteen takia.

Taulukko 29: Talvirenkailla mitatut ohiajomelutulokset; dB(A)

	Vt1 Saukkola		Vt 1 Saukkola		Kt 51 Pickala	
	Kamflex 2004		Jyrityn, k/k-väli 60 cm		Jyrityn, k/k-väli 30 cm	
Nopeus (km/h)	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva	Päällyste	Viiva
70	81,9	82,0	81,9	82,4	80,4	85,7
80	83,5	82,9	83,5	85,0	82,0	89,8
100	85,3	87,1	85,3	90,4	-	-



Kuva 45: Talvi- ja kesärenkailla nopeuksilla 70 ja 80 km/h mitatut ohiajomelutulokset. Päällyste on talvirenkailla meluisampaa kuin kesärenkailla. Täristävillä viivoilla kesärenkaat ovat talvirenkaita meluisammat.



#### 4.6 Tärinämittaukset

Ajoneuvon tärinöitä mitattiin vain jyrksillä tärisevillä viivoilla, mikä on raskain tyyppi tärisevistä viivoista ja jonka oletettiin aiheuttavan suurimman tärinän. Tärinämittaukset suoritettiin koko osuuden pituudelta, koska tärinämittausohjelmisto vaati ajallisesti kohtalaisen pitkän alustuksen ennen mittauksen suorittamista. Tästä johtuen voi tärinämittaustuloksissa olla pientä epäloogisuutta melumittaustuloksiin verrattuna.

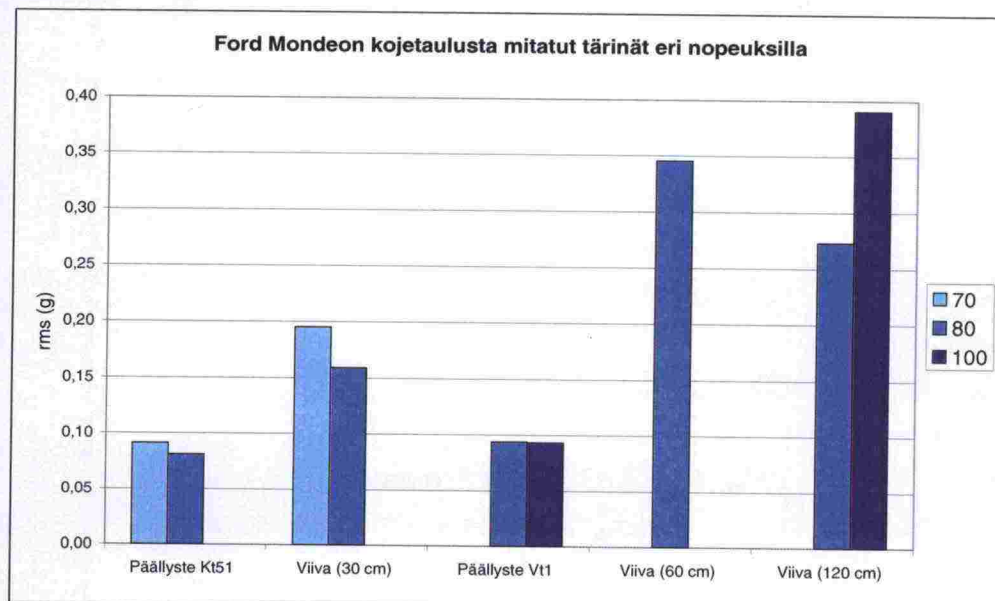
Mittaustaajuus oli hidas, mutta korkeat värähtelytaajuudet eivät juuri välity ajoneuvon kuljettajaan. Istuimet ja ajoneuvon sisäverhoilu absorboivat tehokkaasti korkeat värähtelytaajuudet. Asiantuntijoiden mukaan matkustajiin ei juuri välity yli 20 Hz taajuuksia.

#### Henkilöauto Ford Mondeo

Taulukossa 30 ja kuvassa 46 on verrattu kojetaulusta ja ajoneuvon rungosta mitattuja tärinöitä. Tulokset vastaavat varsin hyvin toisiaan. Poikkeuksen muodostavat mittaukset 30 cm jaolla tehdyltä tärinäraidalta. Kohteessa saavutettiin eräs testiajoneuvon resonanssitaajuuksista, kun tärinäviivalla ajettiin noin 80 km/h. Resonanssi ilmeni niin suurilla taajuuksilla, etteivät ne välittyneet kojetauluun. Resonanssitaajuus ilmeni myös suurena sisätilameluna.

Taulukko 30: Ford Mondeon kojetaulusta mitatut tärinät eri nopeuksilla. Tulokset ovat yksikkössä rms (g).

Kohde	Nopeus (km/h)		
	70	80	100
Päällyste Kt51	0,09	0,08	-
Viiva (30 cm)	0,20	0,16	-
Päällyste Vt1	-	0,09	0,09
Viiva (60 cm)	-	0,35	-
Viiva (120 cm)	-	0,27	0,39

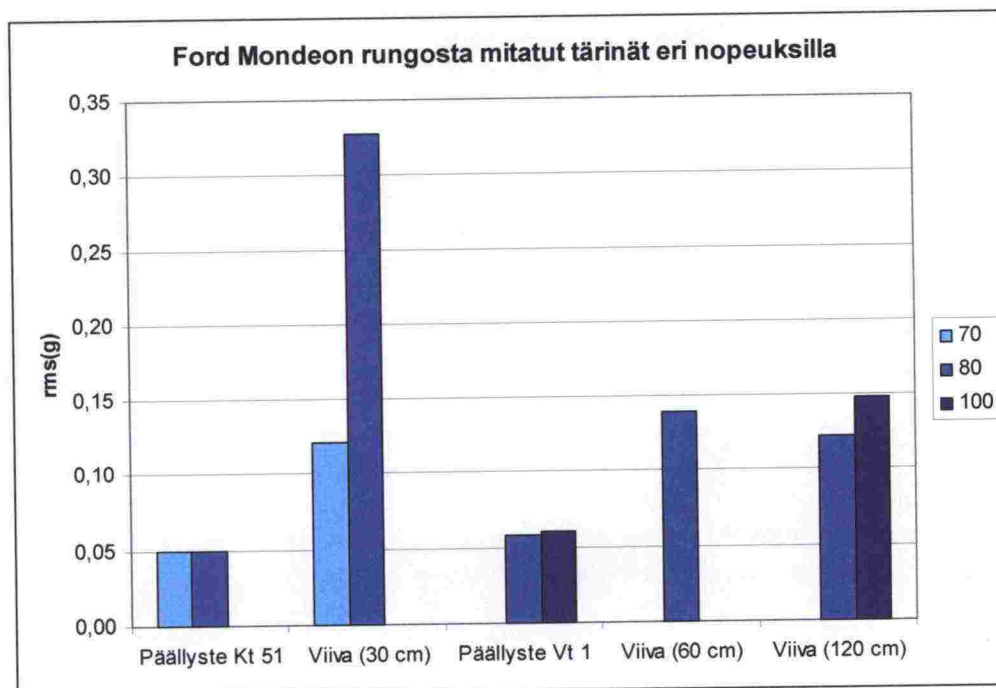


Kuva 46: Ford Mondeon kojetaulusta mitatut tärinät. Tärisevistä viivoista aiheutuu selvästi enemmän tärinää kuin päällysteestä.

Ford Mondeon rungosta mitatut värinät ovat pienempiä kuin kojetaulusta mitatut värinät. Kuvassa 47 ja taulukossa 31 näkyy selvästi, miten 30 cm välin viivalla ajaminen 80 km/h:n nopeudella aiheutti rungon resonoinnin, mistä aiheutuva värinä on noin 2-kertainen muiden täristävien viivojen värinään verrattuna.

Taulukko 31: Ford Mondeon rungosta mitatut värinät eri nopeuksilla. Tulokset ovat yksikköissä rms (g).

Kohde	Nopeus (km/h)		
	70	80	100
Päällyste Kt51	0,09	0,08	-
Viiva (30 cm)	0,20	0,16	-
Päällyste Vt1	-	0,09	0,09
Viiva (60 cm)	-	0,35	-
Viiva (120 cm)	-	0,27	0,39



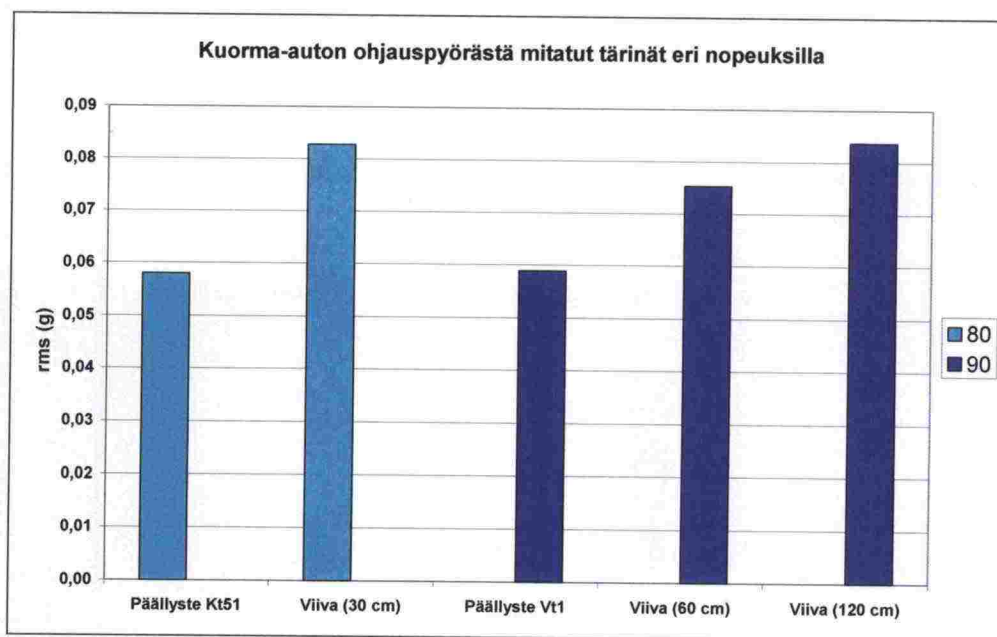
Kuva 47: Ford Mondeon rungosta mitatut värinät. Täristävistä viivoista aiheutuu selvästi värinää. Kt 51:n täristävästä viivasta aiheutuu 80 km/h nopeudella noin 6-kertainen värinä päällysteeseen verrattuna.

### Kuorma-auto

Kuorma-auto on autoilijan työpaikka ja hytin värinänvaimennukseen on panostettu. Kuorma-auton hyttiin täristävistä viivoista aiheutuva värinä oli hyvin pientä, kun verrataan minkä suuruinen värinä henkilöautoon aiheutuu. Värinässä ei ollut eri kohteiden välillä ollut käytännössä eroja (taulukko 32 ja kuva 48).

Taulukko 32: Kuorma-auton ohjauspyörästä mitatut värähtelöt eri nopeuksilla.

Kohde	Nopeus (km/h)	
	80	90
Päällyste Kt51	0,06	-
Viiva (30 cm)	0,08	-
Päällyste Vt1	-	0,06
Viiva (60 cm)	-	0,08
Viiva (120 cm)	-	0,08



Kuva 48: Kuorma-auton ohjauspyörästä mitatut värähtelöt eri nopeuksilla.

Kuorma-auton kojetaulusta mitattiin värähtelää Vt 1:llä nopeudella 80 km/h. Päällysteestä mitattiin värähteläksi 0,05 ja täristävistä viivoista 0,08 (60 cm k/k-väli) sekä 0,07 rms (g) (120 cm k/k-väli).

#### 4.7 Tuntemukset

Tuntemuksia kirjattiin vain jyrksityistä täristävistä viivoista, jotka ovat uusia Suomen tiestöllä ja viivat aiheuttivat selvästi voimakkaimman vaikutuksen ajoneuvoissa.

#### Henkilöautot

Henkilöautoilla ajettaessa huomattiin selvästi, millä jyrksityllä täristävällä viivalla oltiin ajamassa; 30 cm välin viiva täristi auton koria ja ohjauspyörää huomattavasti eniten. Kyseisellä viivalla ajettaessa Ford Mondeo alkoi myös resonoida niin, että auto pyrki pois viivalta. Myös ääni, joka syntyi 30 cm viivasta, oli epämiellyttävä niin voimakkuudeltaan kuin tuntemukseltaan. Täristävä viiva 120 cm välein aiheutti kohtalaisen värähtelyn auton rattiin, mutta viivasta aiheutuva ääni oli heikko ja liian harva. Viiva aiheutti keskustelua siitä, herääkö nukahtanut autoilija 120 cm viivan aiheuttamaan ääneen. Toinen vt 1:llä oleva osuus, 60 cm välein oleva täristävä viiva, aiheutti korvakuulolta kovemman äänen ja sen pulssi tuntui miellyttävimmältä.



### **Kuorma-auto**

Kuorma-autossa tuntui 120 cm väli selvästi epämukavimmalta, kun 30 cm väli ei tuntunut juuri mitään, mutta ääni kuului matkustamoon selvästi.

### **Moottoripyörä**

Yamahalla oli epämukavaa ajaa 120 cm –viivalla 80 km/h –nopeudella, otetta ohjaustangosta täytyi tiukentaa ja peilit tärisivät niin, ettei niistä voinut nähdä mitään. Suuremmalla nopeudella (100 km/h) ajaminen viivan päällä oli ongelmattomaa. Kawasakilla olivat molemmat em. nopeudet epämiellyttäviä, ohjaustanko tärisi ja värinä välittyi hyvin ikävästi käsiin. Katteissa kiinni olevat peilit tärisivät ja kovan satulan epämukavuus korostui.

Kun jysintäjälkien väli oli 60 cm, ei viiva tuntunut Yamahalla ajettaessa oikeastaan mitään ja Kawasakilla ajettaessa värinä tuntui suorastaan miellyttävältä. Käsissä värinä ei tuntunut.

Välin ollessa 30 cm tuntuivat jysintäjäljet molemmilla moottoripyörillä ajettaessa selvästi. Kawasakilla erityisesti jarrutuksen loppu tuntui vaaralliselta, koska etupään jousto on lyhyt ja pyörien halkaisija on pieni. Kokemattomalle kuljettajalle kyseinen viiva voi olla hyvinkin vaarallinen.

Yamahalla ei jarruttaminen tuntunut minkään viivan päällä vaaralliselta, ennemminkin jysintäjäljet vaikuttivat lisäävän kitkaa ja tehostavan jarrutusta.

Kaiken kaikkiaan mikään viiva ei vaikuttanut olevan Yamahalla ajettaessa vaarallinen, mutta Kawasakilla ajettaessa vain 60 cm väliä voidaan pitää vaarattomana.

### **Polkupyörät**

Polkupyörillä ajettiin jysittyä täristävää viivaa kt 51:llä, painettua viivaa mt 140:llä ja uutta Kamflex-viivaa kt 51:llä.

Jysitty täristävä viiva (k/k 30 cm) täristi voimakkaasti koko pyörää ja pyörää oli erittäin vaikea hallita niin kovassa kuin hitaassa vauhdissa. Täristävän viivan ylitys täristi voimakkaasti pyörän ohjausta. Koska jysitty ura on ajosuunnassa pitkä ja uran muoto on sopiva, polkupyörän pyörä ”tipahtaa” jokaiseen uraan. Tällöin pyörään kohdistuu uran ylityksestä aiheutuva isku, mikä on kovin juuri etupyörässä. Päälystetty piennarleveys ennen jysityn viivan reunaa oli 50...60 senttimetriä, minkä katsottiin olevan liian pieni polkupyörällä ajamiseen - varsinkin kun tien nopeusrajoitus on 80 km/h. Jysitty täristävä viiva rikkoi harjoituskilpapyörän takakumin likipitään heti. Jysitty viiva todettiin vaaralliseksi polkupyörälle.

Painettu täristävä viiva mt 140:llä ei tuntunut kumpaankaan pyörään juuri mitään. Viiva oli toki havaittavissa, mutta asfaltissa olevat muut epätasaisuudet häiritsivät ajoa enemmän kuin täristävä viiva. Maantiellä 140 painettu täristävä viiva sijaitsi päälystetyn pientareen puolella noin 15 cm reunaviivasta, eli sijainti ei ole polkupyörän kannalta paras mahdollinen.

Vuonna 2004 tehtyä Kamflex-viivaa kokeiltiin kt 51:llä Kirkkonummelta noin 3 kilometriä Helsinkiin suuntaan. Keskinopeassa vauhdissa (noin 20 km/h) viivasta aiheutuva värinä resonoi pyörissä kohtalaisen voimakkaasti; kokemattomalle polkupyöräilijälle resonointi voi olla vaarallista. Hitaassa ja kovassa vauhdissa (yli 35 km/h) viivasta aiheutuva värinä oli pientä ja "pehmeää". Kamflex-viivaa ei todettu vaaralliseksi.

#### **4.8 Liikennelaskenta**

Turun suuntaan ajoi 2-tuntisen laskennan aikana 777 kevyttä ja 92 raskasta ajoneuvoa, joista täristävän viivan päälle ajoi 25 kevyttä ja 1 raskas ajoneuvo. Helsingin suuntaan kulki samaan aikaan 687 kevyttä ja 74 raskasta ajoneuvoa, joista täristävän viivan päälle ajoi 19 kevyttä ja 1 raskas ajoneuvo. Laskennan perusteella voidaan arvioida, että päiväaikaan hyvässä ohituspaikassa noin joka 35. ajoneuvo ajaa täristävän viivan päällä ja siitä aiheutuu hetkellinen melun lisäys parin kolmen minuutin välein.

## 5 Päätelmät

Täristävien viivojen toimintaa olisi selkeämpää arvioida, jos voitaisiin määrittää sisätilamelunlisäykselle tietty raja-arvo, jonka ylittyessä viivan voisi todeta olevan riittävän tehokas. Nyt etenkin asfalttitiyrällä painettujen viivojen sisätilamelun lisäys oli pientä päällysteestä aiheutuvaan normaaliin sisätilameluun verrattuna.

Toinen tärkeä asia on se, että täristävän viivan tulisi mielummin havahduttaa ajoneuvon kuljettaja kuin tienvarrella asuva ihminen. Eli täristävästä viivasta tulisi aiheutua riittävä sisätilamelun lisäys, mutta ohiajomelun tulisi olla mieluiten lähellä normaalilla päällysteellä ajavan ajoneuvon ohiajomelua. Uusien Kamflex-viivojen toiminta on lähellä edellä toivottua. Uudet Kamflex-viivat aiheuttivat noin 7 desibelin sisätilamelun lisäyksen ja noin kahden desibelin lisäyksen ohiajomeluun.

### Jyrsitty täristävä viiva

Kaikki jyrsityt täristävät viivat aiheuttivat huomattavan melu- ja värinämuutoksen verrattuna päällysteeseen. Tiheä viiva poikkesi ominaisuuksiltaan harvemmalla jaolla tehdyistä viivoista, se lisäsi melua voimakkaasti niin ajoneuvon sisällä kuin tien ympäristössä. Kaksi harvalla jaolla tehtyä viivaa eivät juuri poikenneet toisistaan mittaustulosten perusteella.

Jos täristävissä viivoissa ajamisesta aiheutuvan ympäristömelun halutaan olevan mahdollisimman pieni, on paras vaihtoehto 60 cm välin täristävä viiva. Jos ajoneuvon sisätilamelu halutaan pitää siedettävänä, ovat 60 ja 120 cm täristävät viivat parempia kuin 30 cm viiva; sisätilamelun kannalta 60 ja 120 cm:n viivat ovat käytännössä samanlaisia. Kaikki täristävät viivat havahduttanevat autoilijan riittävän tehokkaasti. Saattaa olla, että 120 cm väli on niin harva, ettei viiva ehkäise tarpeeksi tehokkaasti suistumista, koska renkaiden ylittäessä viivan, osuvat renkaat vain vähäiseen määrään jyrsintäjalkia eikä tällöin synny havahduttavaa vaikutusta.

Suurimman värinän ajoneuvon kojetauluun aiheuttaa 60 cm täristävä viiva, mutta ajoneuvon runkoon 30 cm viiva aiheuttaa suurimman värinän. Täristävä 120 cm välin viiva aiheuttaa pienimmän värinän ajoneuvoon.

Kuorma-auton kuljettajalle epämiellyttävin oli selvästi 120 cm välin viiva. Sen sijaan täristävä 30 cm välin viiva aiheutti kuorma-autolla selvästi suurimman ympäristömelun. Paras vaihtoehto kuorma-autolle oli 60 cm välin täristävä viiva. Kuudenkymmenen senttimetrin jaolla tehty täristävä viiva arvioitiin myös henkilöautoilla ajomukavuudeltaan ja -turvallisuudeltaan parhaaksi.

Moottoripyöräilijöiden kannalta selvästi paras vaihtoehto oli 60 cm väleillä jyrsitty viiva. Harvempi väli aiheutti epämiellyttävää värinää ja tiheämpi väli havaittiin jarrutustilanteessa sport-tyyppisellä pyörällä vaaralliseksi.



### **Painamalla tehdyt tärisevät viivat**

Painamalla tehdyt viivat aiheuttivat keskimäärin viiden desibelin lisäyksen sisätilameluun ja seitsemän desibelin lisäyksen ohiajomeluun. Suuri ohiajomelun lisäys ei kuitenkaan ole tärisevien viivojen hyvän toiminnan tarkoitus. Asfaltinlevittimellä painetun viivan pääteltiin olevan toimivin painetuista viivoista, koska viivasta aiheutuva ääni oli selkeästi tärisevä. Asfalttijyrällä tehtyjen viivojen laatu vaihteli paljon ja se oli paikoin erittäin huonoa, eikä viivasta aiheutunut selvästi tärisevää ääntä.

### **Kamflex-viiva**

Uutena Kamflex-viiva aiheuttaa sisätilameluun keskimäärin kahdeksan ja ohiajomeluun kolmen desibelin lisäyksen. Kamflex-viivan kulumisen pienentää meluvaikutusta ajoneuvon sisällä ja toisena vuonna keskimääräinen melulisäys on kolmesta neljään desibeliä. Kolmen vuoden ikäinen Kamflex-viiva aiheutti vain yhdessä kohteessa melulisäyksen päällysteestä aiheutuvaan meluun verrattuna. Muissa kohteissa viivat eivät lisänneet sisätilamelua normaaliin päällysteestä aiheutuvaan meluun verrattuna. Melutuloksista voitiin päätellä, että viivan paksuus korreloi meluvaikutukseen ajoneuvon sisällä.

Uudesta Kamflex-viivasta aiheutui keskimäärin kolmen desibelin lisäys ohiajomeluun. Vanhemmista Kamflex-viivoista aiheutuva ohiajomelu vaihteli suuresti. Suurin ohiajomelu (noin kahdeksan desibelin lisäys) mitattiin hyvin säilyneestä vuonna 2003 tehdystä viivasta vt 25:llä välillä Nummela-Siippoo. Muut vuonna 2003 tehdyt viivat eivät käytännössä aiheuttaneet lisäystä normaaliin ohiajomeluun verrattuna. Vuonna 2002 tehdyistä viivoista aiheutui uutta Kamflex-viivaa vastaava ohiajomelu eli kolmesta neljään desibeliä. Vuotta 2002 vanhemmista viivoista ei käytännössä aiheutunut ohiajomelulisäystä päällysteestä aiheutuvaan meluun verrattuna.

Melutuloksista voidaan päätellä, että Kamflex-viivan meluvaikutus on tehokas noin kolme vuotta. Kamflex-viivaa kuluttaa etenkin talvihoito, mutta vilkkaasti liikennöidyillä väylillä viivan kulumiseen vaikuttaa myös liikenne. Kolmannen vuoden jälkeen Kamflex-viivasta aiheutuva meluvaikutus on hyvin vähäinen.

### **Muut tutkitut viivat**

Muita tutkittuja viivoja olivat Kamflex-viivaa muistuttava Humflex-viiva, vt 5:llä Leppävirralla oleva tärisevä keskiviiva ja uudentyyppinen Drop-On-Line tärisevä viiva, jota oli tehty vt 7:lle Loviisaan.

Vaikka Humflex-viiva muistuttaa Kamflex-viivaa, oli sillä uutena Kamflex-viivaa pienempi meluvaikutus sisätilameluun. Kaksi vuotta vanhan Humflex-viivan meluvaikutus oli saman veroinen kuin uudella Humflex-viivalla, eli samanikäisten Kamflex-viivojen melutuloksiin verrattaessa Humflex-viivasta aiheutuva meluvaikutus pienenee vähemmän viivan ikääntyessä. Tosin päätelmän luotettavuutta heikentää se, että Humflex-viivaosuuksia mitattiin vain kaksi.

Valtatie 5:lle Leppävirralla tehdyn tärisevän keskiviivan vaikutus sisätilameluun oli pientä. Nopeudella 80 km/h ajoneuvossa oli havaittavissa resonointia

ja melulisäys päällysteeseen verrattuna oli noin 6 desibeliä. Muissa nopeuksissa melunlisäys oli alle kaksi desibeliä. Viiva aiheutti samansuuruisen ohiajomelulisäyksen kuin muutkin painamalla tehdyt viivat, eli melulisäystä päällysteeseen verrattuna oli 3...7 desibeliä.

Drop-On-Line täristävä viiva aiheutti noin kolmen desibelin lisäyksen normaaliin sisätilameluun. Ohiajomelun lisäys oli yhdestä kahteen desibeliä mittausnopeudesta riippumatta. Drop-On-Line täristävän viivan rakenne oli aivan erilainen muiden mitattujen viivojen rakenteeseen verrattuna ja viivan talvihoidon- sekä nastarengaskestävyys on arvelluttava. Viivan meluominaisuudet tulisiikin mitata uudelleen kesällä 2005.



## 6 Jatkotutkimusehdotukset

Jatkotutkimuksissa olisi hyvä testata viivoja vielä useammanlaisilla ajoneuvoilla, kuten takanoja-asennossa ajettavalla custom-tyyppisellä moottoripyörällä, vanhemmalla huonommin jousitetulla hytillä varustetulla kuorma-autolla, pakettiautolla, kaupunkimaasturilla ja ehkä jopa loistoluokan henkilöautolla, jossa sisätilamelu on tavallista alhaisempi.

Jyrsityt viivat aiheuttavat autoon niin suuren sisätilamelun lisäyksen, että olisi tarpeen selvittää kuljettajahaastatteluin, onko ohittajilla tai ohitetuilla säikähtämiskokemuksia ja kuinka yleisiä sellaiset ovat. Hyvä tieto olisi myös, kuuleeko edessä ajava, kun lähdetään ohittamaan. Tärkeää on selvittää myös, miten talvikelillä nastarenkailla ajettaessa koetaan viivasta yhtäkkiä kuuluva ääni ja miten viivojen talvikunnossapito onnistuu.

Jatkossa olisi hyvä myös selvittää, miten tienvarren asukkaat kokevat täristävien viivojen aiheuttama melunlisäyksen. Kun tutkittiin melun leviämistä, havaittiin että täristävistä viivoista aiheutuva melunlisäys peltoaukealla on helposti havaittavissa vielä noin 200 metrin etäisyydellä tiestä. Miten tämä havainto vaikuttaa erilaisille suosituksille viivan käytöstä asutusalueilla?

Kamflex-viivat näyttäisivät kuluvan nopeasti ja jo kahden talven jälkeen niiden meluominaisuudet ovat huonontuneet huomattavasti. Jatkotutkimuksissa olisi hyvä testata miten tässä tutkimuksessa testatut Kamflex-viivojen meluominaisuudet ovat muuttuneet talven 2004-2005 jälkeen. Uusittuja Kamflex-viivoja ei tutkimuksen aikana tehdyissä mittauksissa havaittu ja hyvä olisikin selvittää, kannattaako kuluneen Kamflex-viivan päälle tehdä uusi Kamflex-viiva vai irtoaako uusi viiva vanhan päältä kuten vt 25:llä Mustiossa on irronnut? Toinen Kamflex-viivoihin liittyvä tutkimusehdotus olisi selvittää miten viivan paksuus on yhteydessä viivasta aiheutuvaan sisätila- ja ohiajomeluun. Nyt tehdystä tutkimuksesta on saatu riittävä tietomäärä, jotta ehdotettava selvitys tai pikemminkin perustutkimus olisi mahdollista suorittaa.

Tutkimuksen aikana saatiin kritiikkiä autoilijoilta siitä, että keskiviivalle on tehty täristävää viivaa sellaisiin paikkoihin, joissa ohittaminen on näkemien puolesta luvallista. Tutkimusta tehdessä esitettiin väittämä, jossa kritisoitiin täristävää keskiviivaa: Ajoneuvon kuljettajat ovat tottuneet, että reunaviivoituksessa on täristävää viivaa ja viivasta aiheutuvan äänen kuullessaan he vaistomaisesti väistävät vasemmalle. Kun täristävää viivaa on keskiviivana, väistävätkö kuljettajat vieläkin vasemmalle ja ajautuvat enemmän vastaantulijoiden kaistalle?

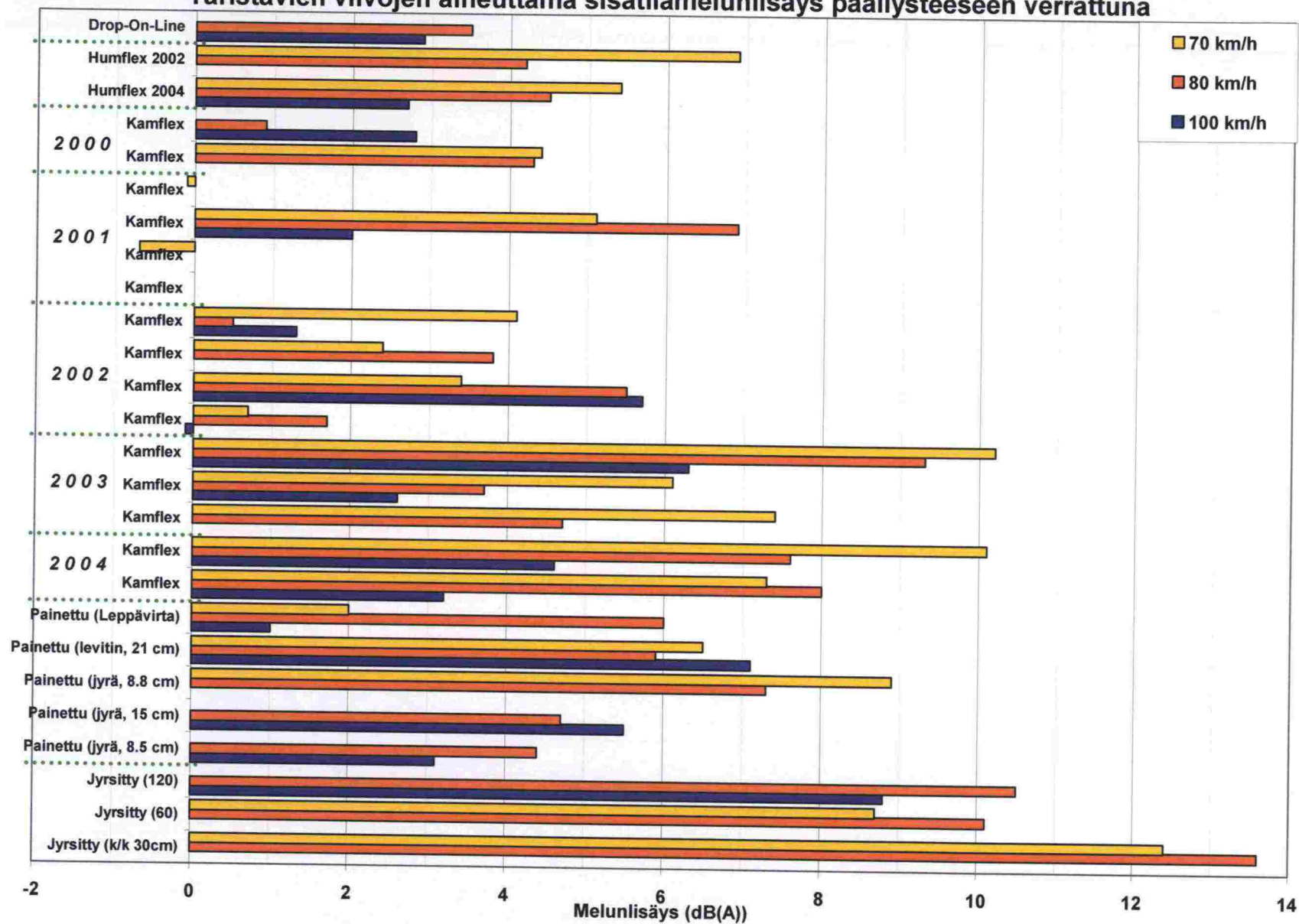
Jatkossa olisi hyvä selvittää onnettomuustarkasteluin sitä, miten hyvin täristävät viivat saattavat ehkäistä etenkin suistumisonnettomuuksia kaksija monikaistaisilla teillä. Tällaisella tutkimuksella voitaisiin saada hyödyllistä tietoa myös erilaisiin hyöty-kustannus-analyysihin. Olisiko tarpeen määrittää erilaisten täristävien viivojen turvallisuusvaikutuskerroin TARVA-ohjelmaan?



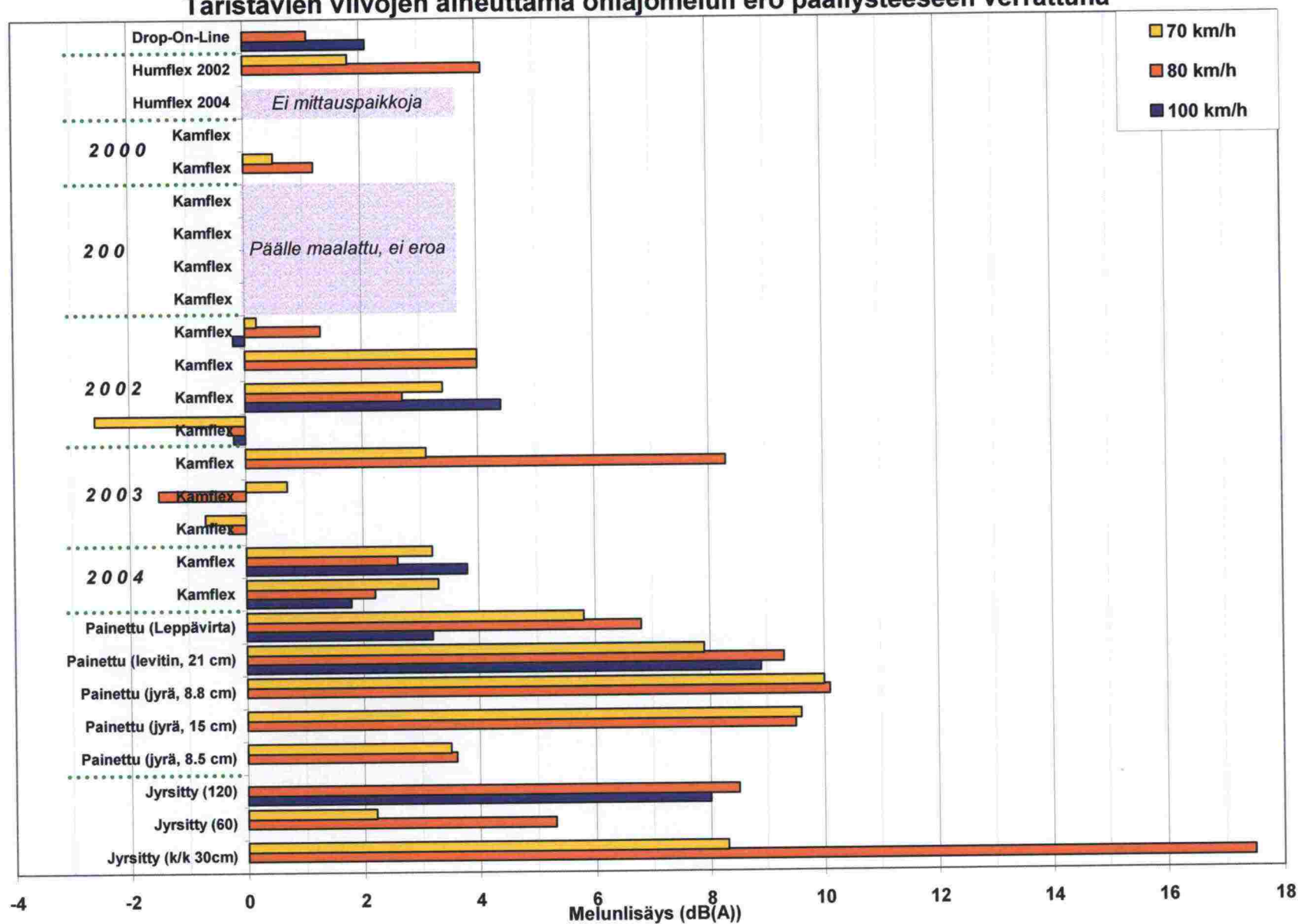
### **Liitteet**

- Liite 1 Täristävien viivojen aiheuttama sisätilamelunlisäys päällysteen meluun verrattuna
- Liite 2 Täristävien viivojen aiheuttama ohiajomelunlisäys päällysteen meluun verrattuna

## Tärinäviivojen aiheuttama sisätilamelunlisäys päällysteeseen verrattuna



# Täristävien viivojen aiheuttama ohiajomelun ero päällysteeseen verrattuna





ISSN 1457-9871  
ISBN 951-803-484-2  
TIEH 3200933